Heizen mit Holz

in allen Ofenarten

Hans-Peter Ebert

ökobuch
FAKTUM

Heizen mit Holz

Hans-Peter Ebert

ökobuch Verlag Staufen 4. Aufl. 1995

ISBN 3-992964-44-3

Scanner :
07/2002

Vorwort

Früher wußte zumindest auf dem Lande jeder, wie Brennholz zuzurichten ist und wie es am besten im Holzofen verbrennt. Holzrauch schien unvermeidbar, niedrige Wirkungsgrade wurden durch mehr Brennholz ausgeglichen, und »geheizt« wurde an den sechs Wochentagen nur der Küchenherd, dessen Wärme vor allem dem Kochen des Essens diente. Spottbilliges Heizöl hatte in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg Holz als Brennstoff nahezu ausgerottet und das vorhandene Wissen verschüttet, bevor die enormen Preissteigerungen beim Heizöl eine Rückbesinnung erzwangen.

Der neuerliche Preisverfall beim Heizöl von über 0,80 DM/l auf unter 0,40 DM/l frei Haus hat das Interesse am Brennholz wieder erschlaffen lassen. Doch wer für jene Zeit gerüstet sein will, in der die Energiepreise wieder ansteigen, der muß sich jetzt sachkundig machen. Wer morgen auf die nachwachsende einheimische Energiequelle zurückgreifen können will, der muß dies heute planen.

Mit Holz heizen erfordert mehr Arbeit und mehr Sachverstand als das Heizen mit Heizöl oder Strom. Trotzdem haben sich jene, die auf Versorgungssicherheit Wert legen und mit einem nachwachsenden Brennstoff preisbewußt heizen wollen, wieder dem Energieträger Holz zugewandt.

Das vorliegende Buch ist ein Ratgeber für jene, die vorhaben, ihre Heizung zu erneuern oder umzustellen, und die das Heizen mit Holz dabei in Erwägung ziehen. Es werden Tips für den Kauf des Brennholzes gegeben, und es wird gezeigt, wie Waldholz am zweckmäßigsten zugerichtet wird. Wer mit Holz heizt, sollte die Brenneigenschaften dieses Stoffes kennen und über den Ablauf eines Holzfeuers Bescheid wissen. Die Beschreibung der vielfältigen, am Markt angebotenen Holzofentypen erleichtert die Wahl jenes Ofens, der die persönlichen Bedürfnisse am ehesten erfüllt. Natürlich dürfen heute auch einige Hinweise nicht fehlen, unter welchen Bedingungen ein umweltbewußtes und raucharmes Heizen mit dem schwefelfreien Brennstoff Holz möglich ist.

Rottenburg a.N., im Juli 1988 Prof. Dr. rer. nat. Hans-P. Ebert

1 Kochkunst am offenen Küchenherd vor 500 Jahren (Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin)

Vom Geist des Feuers

Unsere Liebe für das Holzfeuer wurzelt in unserer Vergangenheit. Der sich in grauer Vorzeit entwickelnde Mensch lernte das Feuer zu bändigen. Wann dieser Prozeß seinen Ausgang nahm, wissen wir nicht. Vielleicht schon vor 5 Millionen Jahren, vielleicht vor 2 Millionen Jahren? Möglicherweise hat ein Vorfahr entdeckt, wie Hyänen und Geier sich hinter der Feuerwalze eines Steppenbrandes an den gerösteten Kadavern delektierten? Hat er dadurch gelernt, daß gegrilltes Fleisch besser zu kauen ist und würziger schmeckt als rohes Fleisch? Seit 350.000 Jahren jedenfalls nutzen und beherrschen Menschen (Homo erec-tus pekinensis) die Kraft des Feuers. Das wärmende Element bot in der nächtlichen Kälte und über die langen Kaltzeiten hinweg einen Überlebensvorteil.

300.000 *Jahre v. Chr.:* Die ersten nachgewiesenermaßen das Feuer beherrscht nutzenden Europäer lebten vor über 300.000 Jahren bei Bilzingsleben (Thüringen). Dieser Homo erectus bilzingslebensis konnte über dem Feuer Fleisch braten oder einen Teig aus mit Wasser versetzten, zermahlenen stärkereichen Samen über heißen Steinen zu Fladenbrot backen, aber eine heiße Fleischbrühe läßt sich in Holztöpfen beim besten Willen nicht über der offenen Flamme herstellen.

12.000 Jahre v. Chr.: In dieser Zeit scheint einem aufmerksamen Ahnen nach einem Wohnsitz-Umzug das Entdeckerlicht aufgegangen zu sein. Weil es damals zweckmäßig war, die Glut des Feuers von Lagerplatz zu Lagerplatz mitzunehmen - schließlich wurde dadurch das mühselige Anreiben von Zunderschwamm und Moos erspart - wurden größere glühende Holzstücke in Schalen aus frischem Lehm oder Ton transportiert, die in einem Netz aus Pflanzenfasern hingen. Jenem Vorfahr fiel nun am neuen Lagerplatz auf, daß die Tonschale hart geworden war und fast wasserundurchlässig geblieben ist. Damit war der Anfang für das Töpfergewerbe gelegt - ohne Patentamt. Der eigentliche küchentechnische Durchbruch des Töpfergewerbes erfolgte jedoch erst nach 4.500 v. Chr. in der Jungsteinzeit. Man sieht, daß es damals 7.000 Jahre dauerte, bevor sich eine gute Erfindung durchsetzte.

2.000 *Jahre v. Chr.:* Die Menschen lernten mit Hilfe des Feuers aus Erz die Metalle zu schmelzen. Diese ließen sich so zu nützlichem Werkzeug und zu todbringenden Waffen formen.

Für die alten Griechen war Feuer neben Wasser, Luft und Erde eines der vier Grundelemente der Welt. Wie es dem menschenfreundlichen Titan Prometheus erging, der uns das damals in Metallbecken oder auf steinernen Herden lodernde Privileg der Götter brachte, erzählt uns die Prometheus-Sage.

2
Feuerstelle in der Steinzeit
Quelle:
Ullstein Verlag, Berlin

Mußt mir meine Erde
Doch lassen stehen,
Und meine Hütte, die du nicht gebaut,
Und meinen Herd,
Um dessen Glut
Du mich beneidest.
(Aus »Prometheus« 3. Akt, von Johann Wolfgang von Goethe.)

Ihr Herdfeuer vertrauten die Griechen der Göttin Hestia zum Schütze an. Es gibt Menschengruppen (z.B. die Urbewohner Australiens und Tasmaniens) die das Entzünden des Feuers nie erlernten. Ging diesen Menschen durch Leichtsinn oder durch die Naturgewalt eines starken Regens das Feuer aus, war Heulen und nächtliches Zähneklappern angesagt. Wer diesen frierenden Artgenossen neue Feuersglut brachte, war einem göttlichen Boten gleich. Länger vorausschauende Menschengruppen wählten besonders befähigte Mitglieder aus, die an geschützten (heiligen) Orten das Feuer hüteten: Die Priester und Priesterinnen.
»Das *Feuer auf dem Altar soll brennen und nimmer verlöschen, der Priester soll alle Morgen Holz darauf anzünden... Ewig soll das Feuer auf dem Altar brennen und nimmer verlöschen.«* (Aus 3. Moses, Kapitel 6, Vers 5 und 6.)
Moses (um 1.200 v. Chr.) erschien die allgewaltige Kraft Gottes mehrmals im Feuer. Das Feueropfer war ihm ein Bindeglied zu Gott.
In den Tempeln der Vesta - der Göttin des Herdfeuers - hüteten 6 Priesterinnen das Herdfeuer des römischen Staates.

800 *Jahre n.Chr.:* Das offene Feuer war über Jahrhundertausende ein Mittelpunkt im menschlichen Leben. Als der Mensch sich Zelte, Hütten und später Häuser errichtete, nahm er dieses wärmende Element mit in den geschlossenen Raum. Zunächst jedoch blieb die Feuerstelle auch im geschlossenen Raum offen. Zwar hatten die Römer schon die raffinierte Warmluft-Fußboden und -Wandheizung in der damaligen Welt verbreitet, möglicherweise haben sie diese Hypokausten-Heizung von den Griechen abgeschaut, die Germanen blieben jedoch überwiegend beim offenen Herd. Lediglich die gute Stube wurde bei wohlhabenden Hausbesitzern über die Wände von heißen Rauchgaszügen erwärmt. Durch die Rauchgaszüge strömte die von einer Feuerstelle in der Küche oder im Vorraum erhitzte Luft. Weil diese »gemauerten Ofenrohre« (Rauchgaszüge) später oft mit Kacheln ummantelt wurden, bezeichnete man diese Heiztechnik als *Kachelofen.*
Der eigentliche Ofen, also die geschlossene Feuerstelle in der Küche wie im Wohnraum, wurde in erster Linie aus Energiespargründen entwickelt und hat sich erst in den letzten 200 Jahren durchgesetzt.
Nach 1.700 Jahre n.Chr.: Der Brennstoff Holz wird zunehmend knapp. Die energieverschleudernden offenen Feuerstellen im Haus müssen durch eine sparsamere Heiztechnik abgelöst werden. In einigen deutschen Ländern erhalten die Erfinder von »Sparöfen« Prämien. Dank des höheren Wirkungsgrades und wegen der höheren Feuersicherheit für das Haus setzen sich die geschlossenen Herde und Öfen allmählich durch.
2.000 Jahre n.Chr.: Die ursprüngliche Wärme offener Holzfeuer schafft besonders viel Gemütlichkeit. Das Spiel der Flammen fasziniert. Eine Ahnung von den uralten Wurzeln unserer Menschheitsgeschichte trägt das offene Holzfeuer in den Alltag der Gegenwart. Offene Kamine erleben eine Renaissance. Entgegen und parallel zu dieser archaischen Tendenz müssen Holzöfen mit perfekter Verbrennung entwickelt werden. Die größer gewordene Bevölkerungsdichte und die Sorge um reine Luft machen auch eine technische Weiterentwicklung der Holzöfen erforderlich. Die Abgase sollen nur noch vollständig verbrannte Stoffe aufweisen: Kohlendioxid und Wasserdampf. Nur teilweise verbrannte organische Verbindungen im Rauch eines konventionellen Holzfeuers werden zunehmend als Belästigung und als gesundheitsschädlich bewertet.
Unsere Erfahrung im Umgang mit dem Holzfeuer wurde durch die Industriekultur fast verschüttet. Eine ungetrübte Freude kann aber nur der finden, der über das Heizen mit Holz Bescheid weiß. In diesem Buch findet der Freund des Holzbrennstoffes viele Fragen beantwortet, die auftauchen, wenn er Brennholz benützt.

Welche Vorteile bietet Holz als Brennstoff?

Holz ist ein preiswerter Brennstoff

Brennholz ist ein billiger Brennstoff für jene, die es selbst zurichten. Selbstaufbereitetes Brennholz kostet zur Zeit zwischen 10 und 30 DM je Raummeter (Ster). Bezogen auf die Heizenergie ist das selbstzugerichtete Brennholz damit selbst bei den heutigen tiefen Heizölpreisen noch billiger als Heizöl.

Eine Vergleichsrechnung zeigt:

	Hausbesitzer A	Hausbesitzer B
Jahresenergiebedarf	4.000 l Heizöl	23 Raummeter Brennholz
Brennstoffeinkauf	0,45 DM/l = 1.800 DM	Kaufpreis des Flächenloses: ca. 20 DM/rm = 460 DM
Zusatzausgaben	--	Kosten für Motorsäge und Beifuhr ca. 25 DM/rm = 575 DM
Gesamte Brennstoffausgaben	1.800 DM	1.035 DM

Der mit Holz heizende Hausbesitzer kann somit durch seine eigene Arbeit (1.800 - 1.035 DM =) 765 DM im Jahr verdienen. Diese Ersparnis bleibt steuerfrei in der Haushaltskasse. Als das Heizöl 0,80 DM/l gekostet hat, war selbst zugerichtetes Brennholz nur unwesentlich teurer. Mancher konnte damals fast ein Monatseinkommen netto einsparen.

entspricht	Laub-Derbholz	Nadel-Derbholz	Brennholz	Heizöl EL	Erdgas	Flüssiggas	Steinkohle Eß-Nuß 3	Koks 3	Braunkohlebriketts	Strom
	1 rm= (2070 kWh)	1 rm= (1570 kWh)	1 rm= (1800 kWh)	1 l= (10 kWh)	$1m^3$= (10 kWh)	1 kg= (13 kWh)	1 Ztr.= (450 kWh)	1 Ztr.= (395 kWh)	1 Ztr.= (280 kWh)	1 kWh
1 rm	rm	rm	rm	Liter	m^3	kg	Ztr.	Ztr.	Ztr.	kWh
Laubderbholz	1	1,32	1,15	207	207	159	4,6	5,24	7,4	2070
Nadelderbholz	0,76	1	0,87	157	157	121	3,5	4,0	5,6	1570
Brennholz i.D.	0,87	1,15	1	180	180	138	4,0	4,56	6,4	1800

Tabelle 1: Heizwerte verschiedener Brennstoffe im Vergleich

Allerdings muß dieses Geld erarbeitet werden: Das Brennholz ist zu ernten und zuzurichten; es ist heimzufahren und zu lagern; der Holzofen muß regelmäßig beschickt und die Asche entnommen werden.
Je weitgehender das vom Brennholzkäufer erworbene Holz zugerichtet ist, je mehr fremde Leistung er somit in Anspruch nimmt, um so stärker sinkt der vom Brennholzheizer erzielbare Überschuß; und wer gespaltenes Brennholz frei Haus bestellt, muß - verglichen mit dem derzeit billigen Heizöl - draufzahlen.

Was spricht für das Heizen mit Holz?

Sicherlich, wer sein Brennholz selbst zurichtet, kann dadurch Geld sparen. Aber es gibt noch andere gute Gründe, Holz als Brennstoff zu nutzen: Holz ist eine *einheimische Energiequelle* und deshalb dort, wo es wächst, auch in Krisenzeiten in begrenztem Umfang verfügbar. Wenn die Öleinfuhren ausbleiben oder die inländischen Transportwege gestört sind, können jene, die einen Holzofen besitzen, wenigstens ein Zimmer heizen. Fällt der Strom aus, wird es nicht nur dunkel, auch die Gas- bzw. Ölzentralheizung oder der elektrische Kochherd bleiben kalt. Glücklich, wer jetzt einen Holzofen hat: Wenigstens ein Raum kann beheizt und das Essen erwärmt werden.
Als Anfang 1979 in Mittel- und Osteuropa die Straßen unter einer hohen Schneedecke verschwanden und die Stromversorgung teilweise für Tage zusammenbrach, konnten Holzöfen die klirrende Kälte abhalten und warmes Essen ermöglichen.
In der *Umweltbilanz* schneidet der Brennstoff Holz beim Vergleich mit anderen Energieträgern überwiegend günstig ab.
Für die Gewinnung und Verfeuerung von Brennholz ist sehr wenig Hilfsenergie notwendig. Bei Gewinnung und Transport werden kaum umweltbelastende

Stoffe (z.B. flüchtige organische Verbindungen wie das klimawirksame Methan) freigesetzt. Die Transportrisiken (z.B. Tankerunglücke) sind unbedeutend. Lediglich beim Arbeitsaufwand steht Brennholz an der Spitze. Lagerrisiken für Wasser oder Luft gibt es beim Brennholz nicht. In Bezug auf die Verbrennung weisen Holzheizungen wegen der relativ hohen Emission von Stickoiden (NOx), Kohlenmonoxid (CO), Staub und Asche im Vergleich zu modernen Gas- oder Ölfeuerungen gewisse Nachteile auf; dafür sind die Emissionen an Schwefeldioxid (SO_2) und Schwermetallen gering. In der Kohlendioxid-Bilanz (CO_2) ist Brennholz fast neutral, wegen der für die Gewinnung aufzuwendenden Hilfsenergie allerdings nicht ganz. Ärgerlich und in der Umweltbilanz ungünstig sind natürlich falsch betriebene oder für Holz technisch ungeeignete Feuerstellen, die zu einer schlechten Verbrennung führen. Aus diesen gehen belästigende und gesundheitsschädliche organische Verbindungen über den Schornstein in die Atemluft von uns allen.
Holz ist ein *nachwachsender Rohstoff,* der in einem gewissen Umfang immer vorhanden sein wird. Auch wenn die begrenzten Energiequellen Öl, Gas, Kohle, Uran erschöpft sind, wird es noch Holz geben.

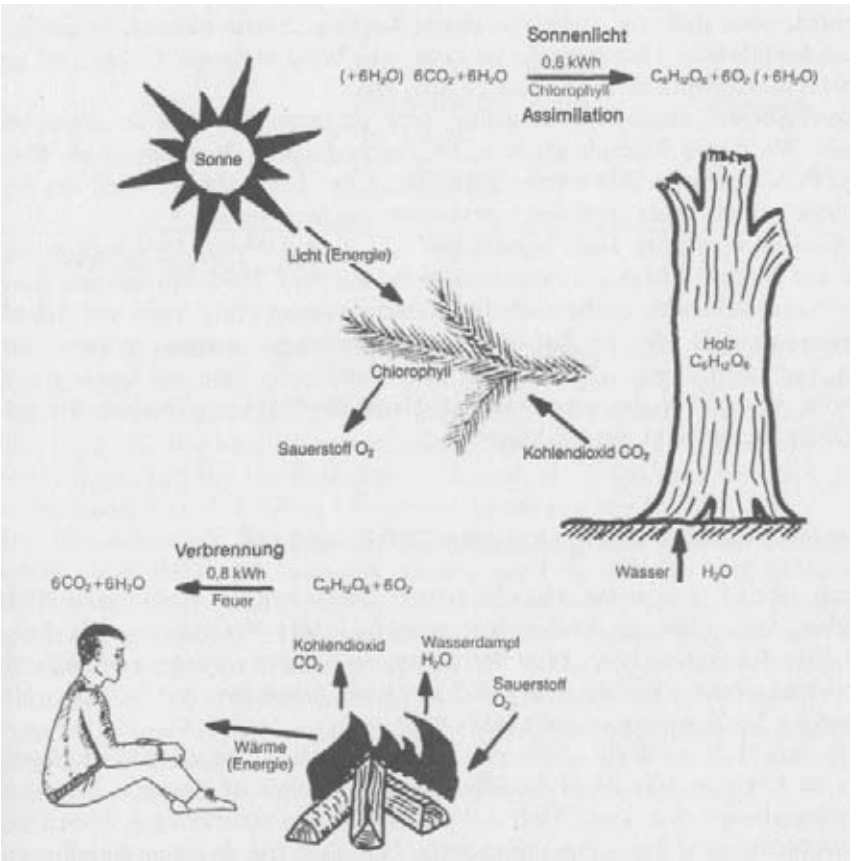
Der Wald ist eine kleine unerschöpfliche Energiequelle

Der genaue jährliche Holzzuwachs im deutschen Wald ist nicht bekannt. Die Schätzungen schwanken zwischen 40 und 60 Millionen Festmetern. Wird der mittlere Wert des geschätzten jährlichen Holzzuwachses als zutreffend angenommen, dann können 50 Millionen Festmeter massives Holz ständig geerntet werden, ohne daß sich die Holznutzungsmöglichkeiten und die Holzvorräte für unsere Nachkommen verringern.
Der Brennholzmarkt ist im Detail unbekannt, weil nicht jeder verheizte Ster statistisch erfaßt ist. Nach Schätzungen können vom Erntevolumen bis zu 20%, manche meinen bis zu 40%, in den Brennholzmarkt gehen, ohne daß dadurch die Versorgung der übrigen holzwirtschaftlichen Bereiche entscheidend gefährdet wird. Werden 25% als zutreffende Schätzung angenommen, dann beträgt das verfügbare Brennholzpotential 0,25 • 50 = 12,5 Millionen Festmeter, was etwa 18 Millionen Raummeter (Ster) Brennholz entspricht. Diese Menge Brennholz entspricht energetisch etwa dem Heizwert von 3,2 Milliarden Litern Heizöl. Zusätzlich sollen einmalig derzeit bis zu 30 Millionen Festmeter an Pflegerückständen im deutschen Wald vorhanden sein. Wenn auch diese Menge dem Energiemarkt zugeführt würde, kämen dadurch noch einmal einmalig Energiewerte auf den Markt, die mehr als 7 Milliarden Litern Heizöl entsprechen.

Der Primärenergieverbrauch lag in Deutschland (1991) bei $4 \cdot 10^{12}$ (Billionen) kWh, das sind rund 51.000 kWh je Einwohner. Deutschland steht damit beim Pro-Kopf-Energieverbrauch weltweit an vierter Stelle. Zum Vergleich liegt der Welt-Durchschnittsverbrauch nur etwa bei einem Drittel des deutschen Niveaus.

Für die Energieerzeugung der Haushalte und Kleinverbraucher wird davon ein gutes Viertel benötigt, etwa $1{,}1 \cdot 10^{12}$ kWh. Die Haushaltsheizung allein braucht rund $0{,}7 \cdot 10^{12}$ kWh. Die auf Dauer aus dem deutschen Wald zu gewinnenden 18 Millionen Raummeter Brennholz könnten von diesem Energiebedarf knapp 5% decken und damit über eine Million Wohnungen heizen.

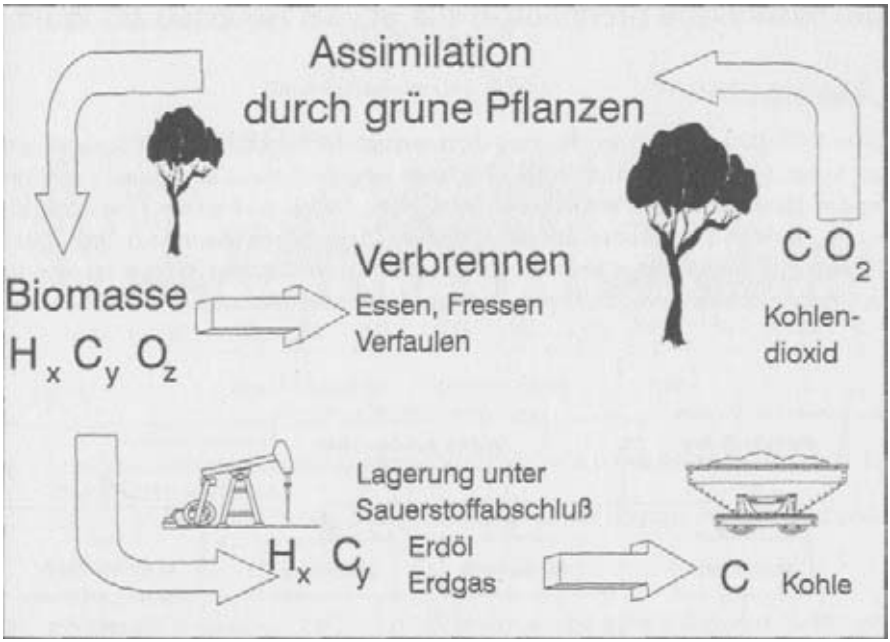
4 Wer mit Holz heizt, nutzt gespeicherte Sonnenenergie



Tatsächlich wird Brennholz laut Statistik aber nur zu einem Viertel des geschätzten Potentials genutzt.
Diese Zahlen zeigen: Brennholz allein bietet keinen Ausweg bei zur Neige gehenden Energieressourcen, aber es kann einen kleinen Beitrag zur Hausheizung leisten. 3.2 Milliarden Liter Heizöl haben bei einem Preis von 45 Pfennig je Liter immerhin einen Wert von rund 1,4 Milliarden DM. Die genannten Holzmengen beziehen sich auf das verfügbare Derbholzvolumen. *Derbholz* ist das mindestens 7 cm dicke Holz. Von manchen wird auch die energetische Nutzung der übrigen Biomasse propagiert, also des Reisigs, Feinreisigs, der Blätter und Nadeln. Ich halte eine solche Vollnutzung nicht für sinnvoll, weil sie zwangsläufig zu einer Nährstoffrückführung durch eine regelmäßige Volldüngung unserer Wälder führen müßte.
Die 18 Millionen Raummeter (= rm) Brennholz können jedes Jahr geerntet werden, ohne daß wir Angst vor einem Raubbau haben müssen. Schließlich wird der jährliche Holzzuwachs im deutschen Wald auf rund 50 Mio. m^3 geschätzt, das entspricht mindestens 70 Mio. rm.
Bisher gibt es jedenfalls noch genug nicht genutztes Restholz im deutschen Wald. Wo dieses Restholz als Brennholz nicht gesucht ist, bleibt es im Wald liegen und verrottet. Auf wieder anzupflanzenden Kulturflächen wird das Abfallholz gar im Freien verbrannt - ohne energetischen Nutzen. Außerdem wird alles Holz irgendwann einmal Abfallholz. Unterstellen wir, daß auf Dauer 18 Mio. rm Brennholz direkt aus dem Wald und aus dem übrigen Nutzholzbereich (unbehandeltes, naturbelassenes Holz) etwa ein Achtel, das sind rund 11 Mio. rm Abfallholz, zu Heizzwecken verwendet werden können, dann sind damit 5,2 Milliarden Liter Heizöl jedes Jahr auf Dauer einzusparen, womit 8% des gegenwärtigen Haushalts-Heizenergiebedarfs auf unendliche Zeit gedeckt werden können.

Die Holzverbrennung und das Kohlendioxid

Wenn jährlich nur soviel Holz verbrannt wird, wie im Wald neues Holz wächst, dann führt die Holzverbrennung zu keiner Veränderung des CO_2-Gehaltes der Atmosphäre. Beim Wachstum des Holzes wird genausoviel vom klimawirksamen »Treibhausgas« Kohlendioxid gebunden, wie bei der vollständigen Verbrennung entsteht (Abb. 4).
Bleibt das Holz im Wald und verfault dort nach dem Tod der Bäume, ergibt dies im Kohlenstoffkreislauf dasselbe Resultat. Fäulnis ist eine sehr langsame »Verbrennung«. Nur wenn Holz auf Dauer vor dem vollständigen Abbau bewahrt bleibt, wird das in ihm gespeicherte CO_2 nicht frei. In einem Kubikmeter Holz sind rund 230 kg Kohlenstoff gebunden, das entspricht ca. 850 kg Kohlendioxid.



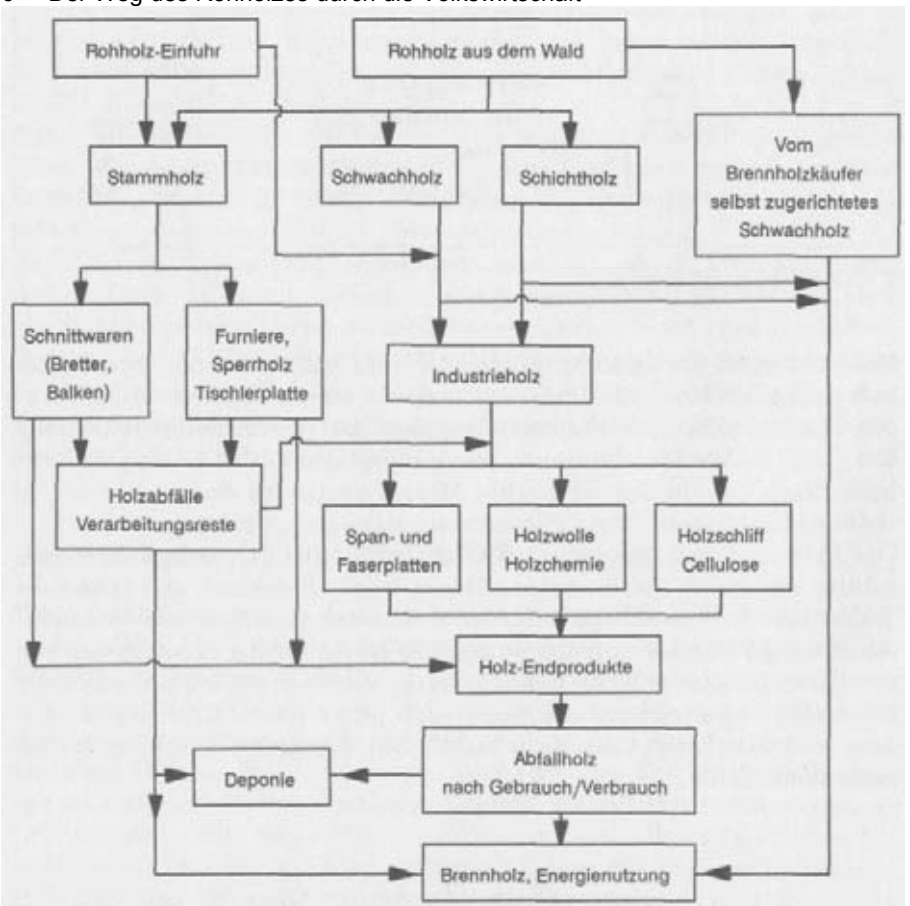
Das heute durch die Verbrennung von Kohle, Erdgas, Heizöl oder Benzin in die Luft gelangende Kohlendioxid wurde in grauer Vorzeit auch von assimilierenden Pflanzen (z.B. auch Plankton) festgelegt. Der Kohlenstoffkreislauf zeigt dies (Abb. 5). Wir lösen in unserer energiehungrigen Zeit in einem Jahr Kohlenstofflager auf, die aus organischen Massen entstanden sind, welche sich in vielen hunderttausend Jahren Pflanzenwachstum gebildet haben. Das Abbrennen von (tropischen) Wäldern erhöht den CO_2-Gehalt der Atmosphäre, weil dabei die Biomasse oxidiert wird. Umgekehrt sind holzreiche Wälder ein »Kohlenstofflager«. Bei der in Deutschland praktizierten Forstwirtschaft hat der Holzvorrat in den letzten 150 Jahren ständig zugenommen, von den Zeiten der beiden Weltkriege abgesehen. Mitteleuropas Wälder sind heute holzreicher als sie je in den vergangenen 200 Jahren waren. Die Brennholznutzung wird diese Entwicklung nicht beeinflussen, solange sie in dem beschriebenen Rahmen bleibt.

Die nachhaltige Brennholz-Ernte ist kein Raubbau am Wald

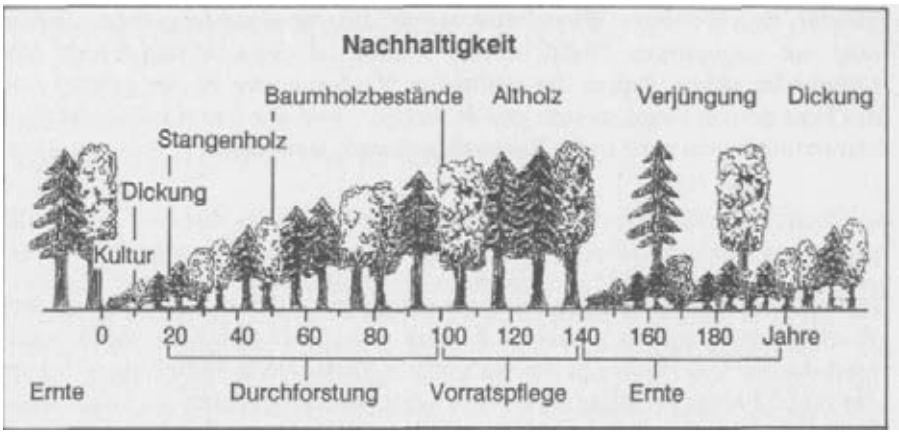
Lebenskampf

Über 100 Jahre dauert es, bis aus dem wenige Millimeter großen Samenkorn ein hoher und dicker Baum wird. Nur sehr wenige der aus dem Samen schlüpfenden Baumkeimlinge werden zu einem alten Baum. Auf einem Quadratkilometer Waldboden können in einer dichten natürlichen Baumsaat weit über 10.000.000 Baumsamen keimen. Die meisten dieser Baumkeimlinge werden in den ersten Lebensmonaten Opfer widriger Lebensverhältnisse:

6 Der Weg des Rohholzes durch die Volkswirtschaft



6 In einem nachhaltig bewirtschafteten Wald sind alle Altersstufen mit der gleichen Fläche vertreten. Quelle: Ministerium für den ländlichen Raum - Landesforstverwaltung, Stuttgart



Sie sterben an Wassernot, Licht- und Wärmemangel; sie werden von Tieren gefressen oder von Krankheiten dahingerafft. Rund l .000.000 Bäumchen werden nach fünf bis zehn Jahren noch übrig sein. Einhundert oder zweihundert Jahre später, wenn aus den Bäumchen mächtige Bäume erwachsen sind, reicht der Platz nur noch für höchstens 30.000 von ihnen. Die Mehrzahl wird den erbarmungslosen Kampf um Licht, Nährstoffe und Wasser verlieren und absterben. Nur einer von dreihundert keimenden Samen wird also das Lebensziel »Baum« erreichen.
Wer im Naturwald im erbarmungslosen Konkurrenzkampf nicht vorne liegt, wer also vom Nachbarn überwachsen wurde, wird dürr, stürzt um und verfault. Doch auch der Baum, der sich durchsetzen konnte, lebt nicht ewig. Er stirbt den Alterstod, bricht allmählich zusammen und macht wieder jungen Pflanzen Platz.

Wirtschaftswald

Diesen Kreislauf des Lebens nutzen die Forstleute. Sie nehmen den natürlichen Existenzkampf zwischen den Bäumen vorweg, indem sie alle fünf bis zehn Jahre die Waldbestände durchforsten, d.h. pflegen. Sie schaffen so den geeigneten, gesunden und gut gewachsenen Bäumen den notwendigen Lebensraum. Damit wird vermieden, daß die überlebenden Bäume im natürlichen Existenzkampf »jeder gegen jeden« geschwächt und krankheitsanfällig werden. Ein ge-

pflegter, durchforsteter Wirtschaftswald ist deshalb gesünder als ein Urwald oder ein ungepflegter Wald, dessen Bäume im Ausscheidungskampf untereinander stehen. Indem das natürliche Wachstum der Bäume gelenkt und das Holz geerntet wird, anstatt daß es verfault, wird aus einem zwangsläufigen Naturvorgang ein natürlicher Rohstoff, das Holz, gewonnen.

Raubbau

In vielen Teilen dieser Erde wird ein unverantwortlicher Raubbau mit dem Wald und seinem Holz getrieben: Es wird mehr Holz gefällt als wieder nachwachsen kann. Ähnliches haben auch unsere Vorfahren in Mitteleuropa bis um das Jahr 1800 getan. Abgeholzte, verwüstete Waldreste waren die Folge. Diese Erfahrung war der Geburtshelfer einer langfristig planenden Forstwirtschaft und der Ziehvater einer starken staatlichen Kontrolle jeglicher deutschen Waldwirtschaft. Die Forstbeamten sollen verhindern, daß aus kurzfristigem finanziellen Interesse der öffentlichen und privaten Waldeigentümer eine für Wald und Gesellschaft langfristig schädliche Maßnahme vollzogen wird.

Nachhaltige Holzernte

Seit dieser Zeit darf in einem Jahr nur soviel Holz geerntet werden, wie jedes Jahr nachwächst. *Nachhaltigkeit* nennen die Forstleute diesen Grundsatz. Gegen diesen Nachhaltigkeits-Grundsatz wurde bei uns in Notzeiten verstoßen. Nicht nur in den Wäldern wurde zeitweilig mehr Holz gehauen als nachwuchs, sondern auch in den Ballungsräumen der Großstädte wurde am Ende des zweiten Weltkrieges manche »grüne Lunge« abgeholzt, um Brennholz zu gewinnen. Manch alte Baumallee verschwand damals im Ofen, wo sie den Frierenden noch wertvoller war.
Holz wird geerntet bei Durchforstungen, wenn den verbleibenden Bäumen der notwendige Lebensraum geschaffen werden muß und es wird gewonnen bei der Ernte der ältesten Bäume. Eine vom alten Waldbestand geräumte Fläche muß sofort wieder mit jungen Bäumen bepflanzt werden, und es darf nichts getan werden, was die Pflanzen- oder Bodengesundheit beeinträchtigt. Die Pflege der Bestände, die sachgerechte Durchforstung, ist entscheidend für das Hochwachsen eines gesunden Waldes, der den Gefahren der Natur ein Höchstmaß an Widerstandskraft entgegensetzen kann. Hoffen wir, daß unsere menschliche Gesellschaft die Kraft aufbringt, die den Wald belastenden Luftschadstoffe zukünftig zu vermeiden und die Geldmittel bereitstellt, um die Bodenveränderungen rückgängig zu machen, welche durch die zugeführten Schadstoffe und die frühere Streunutzung ausgelöst wurden.

Der Kauf von Brennholz

Wo kann ich Brennholz kaufen?

Brennholz verkauft der Waldbesitzer und dessen Förster. Wenn Sie noch keinen Brennholzverkäufer kennen, dann schauen Sie im Telefonbuch nach. Unter »Forstdienststellen« finden Sie sicher einen Ansprechpartner, der Ihnen möglicherweise gleich Brennholz verkaufen kann, in jedem Fall kann er Ihnen aber raten, wie Sie zu Ihrem Brennholz kommen und was es etwa kosten wird. Oft kann Ihnen auch die Gemeinde- oder Stadtverwaltung, der Waldbesitzerverband, die Landwirtschaftskammer, das Landwirtschaftsamt oder der Bauernverband sagen, wo Sie Brennholz bekommen können. Schließlich gibt es in einigen Orten auch noch einen Brennholzhändler, der - natürlich entsprechend teurer - das Brennholz ofenfertig frei Haus liefert. Anruf genügt. Der Brennholzmarkt ist von Ort zu Ort verschieden, weshalb auch die Brennholzpreise unterschiedlich sind. Ein großräumiger Marktausgleich lohnt sich wegen der hohen Transportkosten nicht.

Welche Brennholz-Sorten werden angeboten?

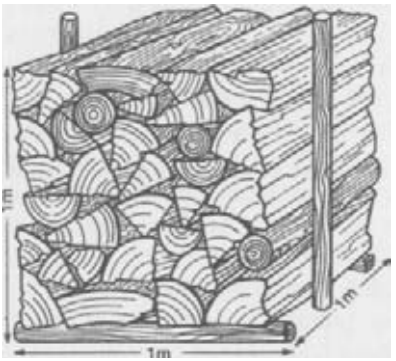
Üblicherweise wird in Deutschland beim Waldbesitzer *Stückholz* gekauft. Die *Hackschnitzel* werden meist nur in automatisierten und entsprechend großen Holzheizanlagen verfeuert. Der *Restholzkauf* ist die Ausnahme, weil Sägewerke und andere holzverarbeitende Betriebe ihre Holzreste oft selbst verwerten. Wenn in Ihrer Nähe ein holzverarbeitender Betrieb ist, bei dessen Produktion Holzreste anfallen, dann rufen Sie dort mal an und erkundigen Sie sich.

8 Die verschiedenen Formen des Brennholzangebotes

Flächenlos: Am billigsten ist das Brennholz im Flächenlos. Das noch nicht zugerichtete Holz auf einer abgegrenzten Waldfläche wird als Flächenlos bezeichnet. Das Recht, in dieser Fläche das nutzbare Brennholz herausarbeiten zu dürfen, kann man kaufen. Der Kaufpreis hängt von der im Flächenlos liegenden Holzmenge und von den Holzarten ab. Die Flächenlose werden als Durchforstungslose oder Schlagabraumlose angeboten:

- *Durchforstungslos:* Es gibt Durchforstungslose, in denen die zu fällenden überzähligen, vom Förster markierten Bäume erst vom Brennholzkäufer umgesägt werden müssen. In anderen Durchforstungslosen ist diese Fällarbeit schon von Forstwirten getan worden.
- *Schlagabraumlos:* Wenn in einem Starkholzbestand die Forstwirte alles dicke Holz entnommen haben, bleibt gelegentlich noch eine ganze Menge dünneres Holz zurück. Dieses Holz kann der Käufer herausarbeiten. Gelegentlich muß er dafür alles zurückbleibende Reisig beseitigen (zum Beispiel verbrennen), damit die nachfolgende Pflanzung junger Waldbäume möglich ist. Dann ist der Preis entsprechend niedriger.

Schichtholz: Die meist ein Meter langen Stücke von Stämmen und starken Ästen werden zu Holzstößen aufgesetzt verkauft. Das Verkaufsmaß ist üblicherweise der Raummeter (= rm). Ein Raummeter ist ein Stapel von l m Breite x l m Tiefe x l m Höhe = l Kubikmeter aufgeschichtetes Holz. Dabei ist es handelsüblicher Brauch, dem Raummeter 4% Übermaß zu geben, ihn also um 4 cm höher aufzusetzen.
Im Raummeter befinden sich zwischen den Holzstücken mehr oder weniger große Lufträume, weshalb l rm nur 0,7 m^3 massivem Holz (ohne Rinde) entspricht. Ster ist der in Süddeutschland übliche Begriff für Raummeter. Ein Raummeter Brennholz am lastwagenbefahrbaren Hauptabfuhrweg ist teurer als am Erdweg. Außerdem schwankt der Preis mit der Holzart.



9 Ein Raummeter Brennholz

Brennholz lang: Auf Wunsch kann man meist auch Brennholz in langer Form kaufen. Dabei handelt es sich um an gut befahrbare Wege gerückte, dünnere, längere Baumstammstücke, deren Volumen geschätzt wird. Verkaufsmaß ist hier der Festmeter. Ein Festmeter entspricht einem Kubikmeter massivem Holz beziehungsweise 1,4 Raummeter. Brennholz lang ist billiger als Schichtholz, da dem Waldbesitzer keine Einschneidekosten und vor allem keine Kosten für das Aufschichten in Raummeter entstehen. Der Käufer kann die Baumstücke an Ort und Stelle auf seine Wunschlänge zersägen und für die Heimfahrt aufladen.

Im Wald ist Holzauktion

Mancherorts wird das Brennholz öffentlich versteigert. Angeboten wird bei diesen Versteigerungen das Brennholz in »Losen«. Lose sind die Verkaufseinheiten, in welche der Förster das Brennholzangebot eingeteilt hat. Zur Versteigerung einige Tips:

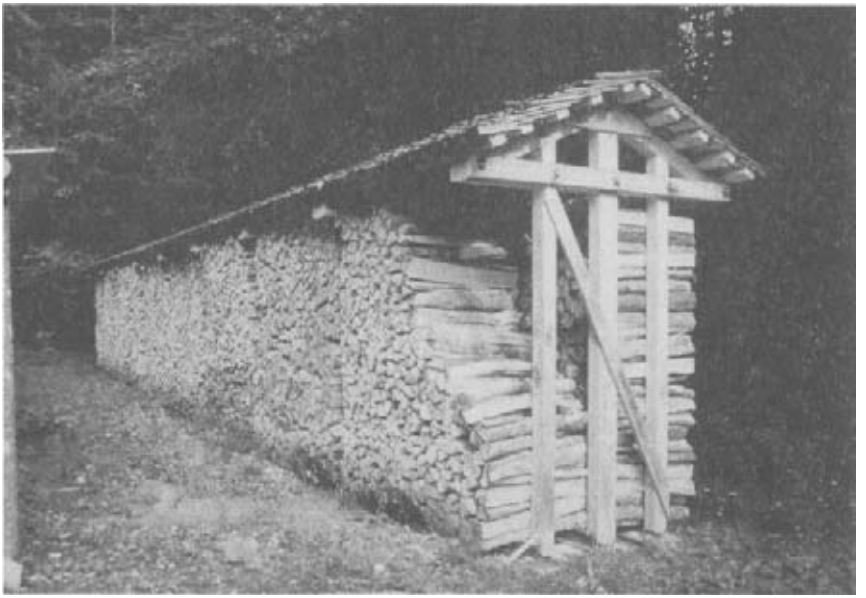
- Schauen Sie sich das Holz vorher an.
- Erkundigen Sie sich bei einem »alten Hasen« nach dem ortsüblichen Preisniveau.
- Suchen Sie sich etwa dreimal so viele Holzlose heraus, als Sie brauchen, damit Sie bei einem zu hohen Gegenangebot nicht mithalten müssen.
- Setzen Sie sich für die von Ihnen gewünschten Brennholzlose Preisobergrenzen.

Bieten Sie dann auf die von Ihnen gewünschten Lose unverzagt und ohne Wim-pernzucken bis zu Ihrer Obergrenze mit, bis Sie Ihren Brennholzbedarf gedeckt haben. Wenn Ihre Preisobergrenze überschritten ist, sollten Sie zumindest bei den ersten zwei Losen, genauso konsequent aufhören mitzubieten. Ist die Nachfrage groß, werden die zuletzt angebotenen Lose besonders teuer, weil sich jetzt noch jeder schnell mit der notwendigen Brennholzmenge eindecken will. Wenn die Nachfrage mäßig ist, können die letzten Lose auch mal besonders preiswert werden.
Mancherorts sind die Laub-Brennholzlose recht teuer, während das Nadelbrennholz noch billig zu bekommen ist. Wenn das Nadelbrennholz mehr als 25 Prozent billiger ist, sollten Sie diesen Modetrend preisbewußt ausnützen und lieber Nadelholz kaufen.
Nicht erst seit der Holzauktion im Grunewald können Holzversteigerungen unterhaltsam, ja lustig sein. Wenn Sie also nicht zum Zuge kamen, trösten Sie sich damit, wenigstens eine echte Holzauktion-Atmosphäre miterlebt zu haben.

Der Brennholztransport

Kleinere Mengen kurzgesägtes Brennholz können Sie nach getaner Waldarbeit im Pkw-Kofferraum mit nach Hause nehmen. Denken Sie dabei aber daran, daß das zulässige Gesamtgewicht Ihres Autos nicht überschritten werden darf, Ein halber Raummeter waldfrisches Holz wiegt immerhin soviel wie vier er-wachsene Personen. Falls Sie einen Landwirt mit Schlepper und Pritschenwagen für Ihren Holztransport suchen, kann Ihnen der Förster oder Waldbe-sitzer meist mit Rat helfen. Manche Forstbetriebe bieten auch »Brennholz frei Haus« an. Billiger wird's allerdings, wenn Sie beim Auf- und Abladen mit zu-packen.

Viele Raummeter Schichtholz warten auf Käufer



Brennholz selbstgemacht gibt mehrmals warm

Weil das selbst im Wald aufbereitete Brennholz besonders billig sein kann, enthalten die folgenden Abschnitte Tips für den Hobbywaldarbeiter. Diese Hinweise machen aus Ihnen zwar keinen »Forstwirt«, wie der ausgebildete Waldfacharbeiter genannt wird, aber sie können helfen, grobe Fehler zu vermeiden.
Das selbst aufbereitete Brennholz ist eine herz- und kreislaufanregende Energiequelle. Der zivilisationsträge Mensch kann beim Brennholzmachen seine Muskeln trainieren und zugleich seinen Geldbeutel schonen. Gehen Sie aber überlegt und konzentriert ans Werk. Fragen Sie im Zweifel den Fachmann um Rat.

Arbeitskleidung

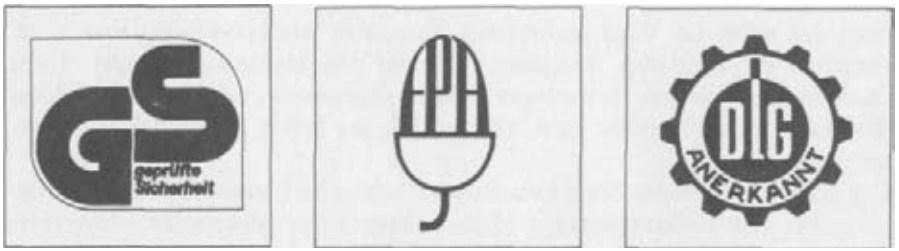
Ihre Arbeitskleidung soll bequem sein, aber doch ausreichend eng am Körper anliegen. Eine zu weite oder eine offene Jacke behindert bei der Arbeit; sie kann in die laufende Motorsägenkette geraten und zu üblen Unfällen führen.
Der Umgang mit der Motorsäge und Axt ist gefährlich. Der Profi trägt deshalb eine besondere *Schutzkleidung:*

- Schutzhelm mit Gehör- und Gesichtsschutz
- Arbeitshandschuhe
- Arbeitshose mit Schnittschutzeinlagen (welche oft Beinverletzungen durch die Motorsäge vermeiden.)
- Arbeitsjacke mit Signalfarbpartien.
- Schuhwerk mit Stahlkappen und Schnittschutzeinlagen.

Gerade für den wenig geübten Freizeitwaldarbeiter kann diese Schutzkleidung besonders wertvoll sein: Ihrer Gesundheit zuliebe. Allerdings ist sie auch recht teuer (z.B. Hose 150 DM, Helm mit Zubehör 75 DM). Vielleicht können Sie sich einer (preiswerten) Sammelbestellung des Forstamtes anschließen.

Gutes Werkzeug für den Hobbywaldarbeiter

Gutes Werkzeug fördert die Leistung und damit die Freude an der selbstgewählten Waldarbeit. Beachten Sie die *Prüfzeichen,* die sicherheitsüberprüftes und für die Waldarbeit geeignetes Gerät und Werkzeug ausweisen.



11 Prüfzeichen
Die Vergabe des FPA- bzw. DLG-Zeichens setzt die erfolgreiche GS-Prüfung voraus. Sie bestätigen zusätzlich die Brauchbarkeit für die Waldarbeit.
Quelle: "Sichere Waldarbeit und Baumpflege". Informationsschrift des Bundesverbandes der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V., 1986

Motorsäge

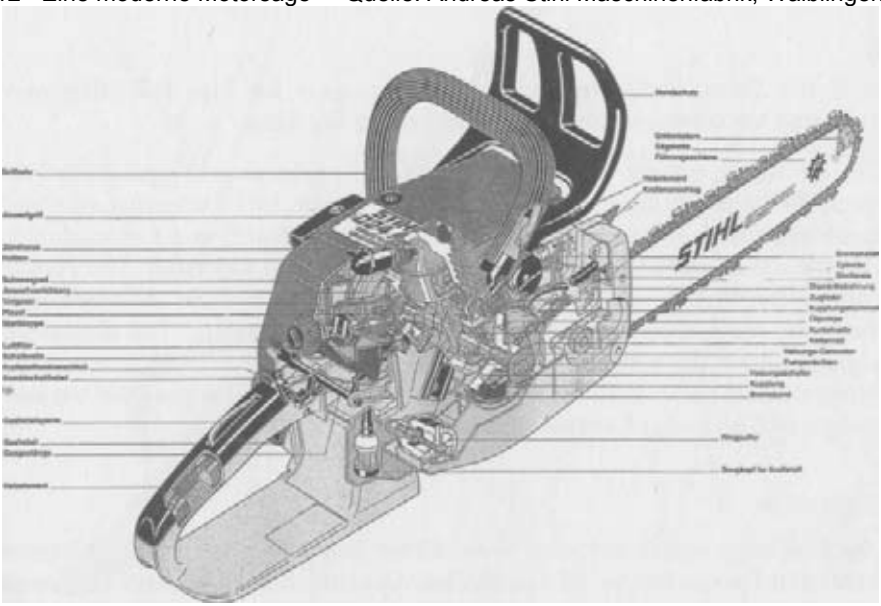
Holz läßt sich senkrecht zu den Holzfasern nicht spalten sondern nur sägen. Für das Fällen und Einschneiden wie auch für das Entasten hat sich inzwischen auch beim Hobbywaldarbeiter die Motorsäge durchgesetzt. Diese erstaunlichen Kraftpakete mit dem Leistungsgewicht eines Formel-II-Rennwagens sind allerdings nicht gerade billig. Eine leichte Motorsäge - wie sie für die Brennholzaufbereitung in der Regel genügt - wiegt rund 4,5 kg und bringt eine Leistung von 1,6 bis 2,5 kW. Sie kostet rund 1.200DM. Eine mittelschwere Säge wiegt bis zu 6 kg und bringt 2,0 bis 3,5 kW an Leistung. Die leichte Profi-Säge hat gegenüber den als Hobby-Sägen angepriesenen Modellen eine größere Zuverlässigkeit und Robustheit, höhere Leistung und längere Lebensdauer.
Eine 30-40 cm lang Führungsschiene genügt für Freizeitarbeiten. Selbst gut 60 cm starke Stammteile lassen sich damit noch durchtrennen. Wählen Sie eine Halbmeisel-Sägekette, die Sie relativ einfach von Hand nachschärfen können. Ungeeignet ist die aggressive Hochleistungskette des Profis.

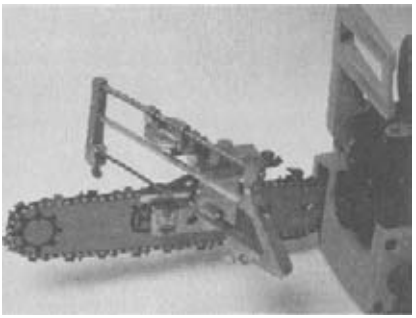
Die automatische Kettenschmierung und eine elektronische Zündanlage erhöhen den Bedienungskomfort. Schwingungsgedämpfte Handgriffe reduzieren die gesundheitsschädliche Vibrationsbelastung. Bei modernen Sägen sind die Griffrohre außerdem elektrisch beheizbar.

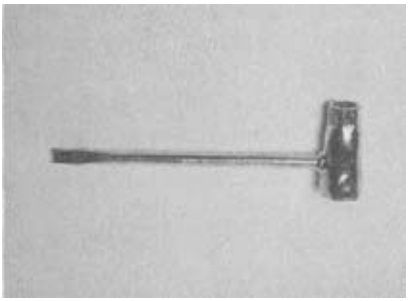
Achten Sie darauf, daß Ihre Motorsäge in punkto Sicherheit auf dem laufenden ist:

- Die *Gashebelsperre* verhindert ungewolltes Gasgeben.
- Die *automatische Quickstop-Kettenbremse* bringt die Sägekette schlagartig zum Stehen wenn Ihre linke Hand vom Griff nach vorne abrutscht oder wenn die Säge unvermutet hochschlägt.
- Der *Handschutz* vor dem vorderen Griffrohr (verbunden mit der Kettenbremse) und unter dem hinteren Griff schützt Ihre Hände vor Prellungen, Quetsch- und Schürfverletzungen.
- Der *Kettenfangbolzen* unterhalb des Ketteneinlaufs am Motorgehäuse fängt die gerissene Sägekette auf.
- *Sicherheitsketten* verringern das Rückschlagrisiko, wenn versehentlich mit der Schienenspitze gesägt wird.

12 Eine moderne Motorsäge Quelle: Andreas Stihl Maschinenfabrik, Waiblingen







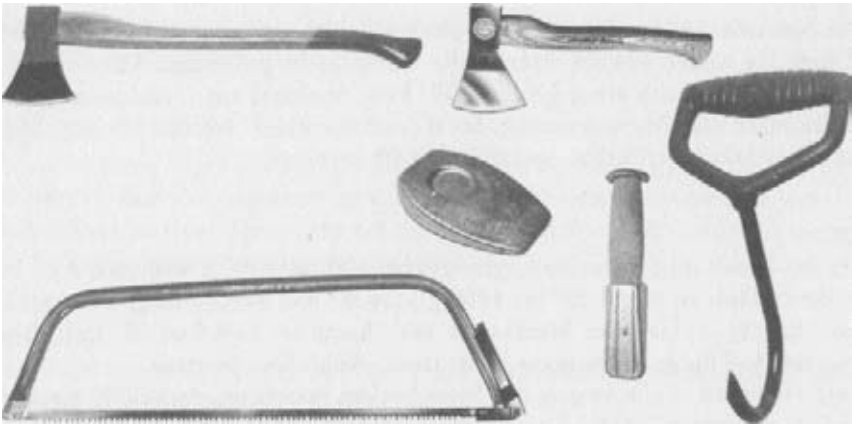
13
Motorsägenzubehör: Doppelkanister, Ketten-Feilgerät und Kombi-Schlüssel
Quelle: Forstgerätestelle Waldemar Grube KG, 3045 Hutzel

• Der *Schutzköcher* verhindert beim Transport der Säge Beschädigungen und Verletzungen durch die scharfkantige Sägekette.

Für die Arbeit mit der Motorsäge benötigen Sie jetzt noch die passende Feile zum Nachschärfen der Kette und einen Zündkerzen- und Kettenspann-Kombinationsschlüssel sowie einen Doppelkanister für Kraftstoff und Kettenschmieröl. Alle modernen Motorsägen arbeiten mit bleifreiem Kraftstoff. Der Handel bietet außerdem für die Kettenschmierung sogenannte Bio-Öle auf pflanzlicher Basis an, die biologisch rasch abbaubar und technisch zum Teil ebenso geeignet sind wie die herkömmlichen Produkte.
Strikt verboten und obendrein maschinenschädigend ist übrigens die Verwendung von Altölen zur Kettenschmierung!

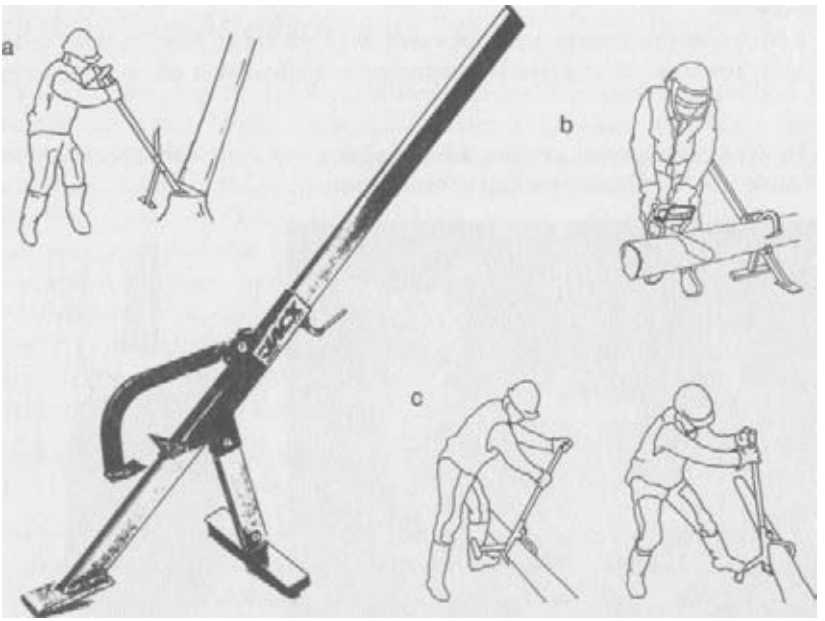
Bügelsäge

Als Handsäge eignet sich eine etwa 80 cm lange Bügelsäge aus gehärtetem nahtlosen Ovalstahlrohr mit Spannhebel. Gute Sägeblätter sind mit gehärteten Sägezahnspitzen versehen.



14 Axt, Beil, Bügelsäge, Taschenkeil, Fäll-und Spaltkeil, Packhaken Quelle: Forstgerätestelle Waldemar Grube KG, 3045 Hutzel

15 Vielzweckgerät verwendbar als
a) Stammheber beim Fällen, b) niedriger Sägebock, c) Wendehaken Quelle: Forstgerätestelle Waldemar Grube KG, 3045 Hutzel



Keile

Vor hinderlichen Verklemmungen bewahrt Sie der geeignete und richtig gesetzte Keil. Sie sollten sowohl einen in die Hosentasche passenden Aluminiumkeil mitführen, wie auch einen großen Fäll- bzw. Spaltkeil aus Duraluminium mit Holzeinsatz und Aluminiumring. Stahl- und Eisenkeile werden bei evtl. Sägekettenkontakten gefährlich und sind deshalb verboten.

Axt

Für die Arbeit im Schwachholz genügt eine 800 bis 1000 g wiegende Axt. Für stärkeres Holz ist eine 1200 bis 1400 g schwere Axt zweckmäßig. Der Axtstiel aus Hickory, Feldahorn, Weißbuche oder Esche ist zwischen 70 und 80 cm lang und soll die geschwungene Form eines »Kuhfußes« besitzen. Zum Holzspalten gibt es eine mit Spreizbacken versehene, etwa 3000 g schwere Axt, die einen Teil der senkrechten Spaltkräfte in waagerechte Spreizkräfte umwandelt und so die Spaltwirkung verstärkt.

Beil

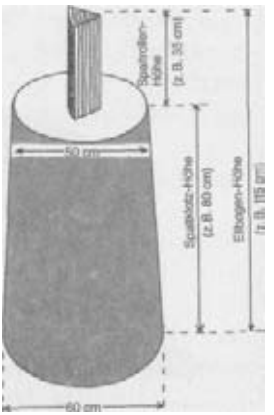
Zum Spalten der kurzgesägten Holzrollen in Holzscheite benutzen Sie ein 600 bis 800 g schweres Beil mit 40 bis 50 cm langem Stiel.

Profi-Geräte

Die l Meter langen Holzrollen lassen sich mit Packhaken bzw. Packzangen gut manipulieren bzw. über kurze Entfernungen schleifen. Wer oft in schwächeren

15 Für die Motorsägenarbeit geeigneter Sägebock Quelle: Fa. Stihl Maschinenfabrik, Waiblingen

17 Der Spaltklotz



Durchforstungsbeständen Bäume selbst fällt, für den kann ein Fällhebel mit Wendehaken sinnvoll sein, insbesondere wenn dieser zugleich als Sägebock eingesetzt werden kann.

Sägebock

Wenn Sie Ihren Sägebock nicht selbst anfertigen sondern kaufen, dann achten Sie darauf, daß der Sägebock eine Halterung für das Holz hat und daß die Holzauflage an einer Stelle unterbrochen ist, damit das Holz dort ohne Gefahr für die Sägekette durchgesägt werden kann.

Spaltklotz

Der Spaltklotz muß kippfest auf dem Boden stehen und eine ausreichend gros-se Spaltfläche besitzen.
Ein Spaltgerät in der Form eines hydraulischen Anbaugerätes an einen land-wirtschaftlichen Schlepper ist für den rein privaten Bedarf nur dann interessant, wenn Sie regelmäßig in größerem Umfang mit starkem Holz zu kämpfen haben. Vielleicht können Sie ein solches samt Schlepper und fachkundiger Bedienung stundenweise mieten.

Grundsätzliche Arbeitsregeln

Helfer: Der Profi arbeitet im Wald niemals allein! Wer allein arbeitet läuft Gefahr, sich bei einem Unfall nicht selbst helfen zu können. Das kann folgenschwer sein. Die Arbeit zu zweit (oder zu dritt) bietet mehr Sicherheit. Sie können sich z.B. auch mit Ihren Flächenlos-Nachbarn absprechen. Helfer dürfen nicht zu Opfern werden! Wenn gefällt wird, soll sich im Umkreis der doppelten Baumlänge um den zu fällenden Baum keine zweite Person aufhalten. Beim Entasten und Einschneiden darf sich keine zweite Person im Schwenkbereich, d.h. innerhalb der Reichweite der Motorsäge befinden. Gleiches gilt für die Arbeit mit der Axt.
Jeder darf nur mit den Geräten arbeiten, die er beherrscht! Besondere Umsicht ist geboten, wenn Kinder und Jugendliche mithelfen.

Verbandkasten: Der Verbandkasten (z.B. aus dem Auto) muß vollständig sein und soll sich in der Nähe der Arbeitsstelle befinden.

Versicherung: Als Freizeitwaldarbeiter sind Sie nicht durch den Forstbetrieb versichert. Ihre gesetzliche oder private Krankenversicherung wird zwar ggf. für direkte Heilbehandlungskosten aufkommen, aber darüberhinaus kann nur eine private Unfallversicherung mögliche Schadensfolgen abdecken.

Sie können einen Unfall dadurch zwar nicht ausschließen, aber durch das Tragen geeigneter Schutzkleidung schränken Sie nicht nur die Verletzungsgefahr ein, sondern Sie beugen auch dem Vorwurf grober Fahrlässigkeit vor. Der Verzicht auf geeignete Schutzkleidung kann versicherungs- und arbeitsrechtlich dieselben unangenehmen Folgen haben wie z.B. ein Verstoß gegen die Gurtpflicht im Pkw!

Arbeit mit der Motorsäge

Motorsägearbeit bleibt selbst für den erfahrenen Profi immer gefährliche Arbeit.

- Wenden Sie deshalb bitte nicht die »Versuch und Irrtum «-Methode an, sondern lesen Sie zuerst die Bedienungsanleitung sorgfältig durch. Nur wer seine Maschine samt ihren Eigenarten kennt, kann erfolgreich damit umgehen.

- Stellen Sie Ihre Säge zum Anwerfen auf den Boden. Die linke Hand gehört an den vorderen Griff, die rechte Stiefelspitze steht im hinteren Griff auf dem Handschutz.

- Gehen Sie mit laufendem Motor nur kürzeste Strecken und legen Sie dabei immer die Kettenbremse ein.

- Die Sägekette darf im Leerlauf nicht mitlaufen.

- Vermeiden Sie das Sägen mit der Schienenspitze (bzw. Bodenkontakt mit der Schienenspitze), denn die Säge kann dabei blitzartig hochschlagen. Sägen Sie möglichst mit einlaufender Kette, also mit der Schienenunterseite.

- Unnötige Leerlaufzeiten erhöhen Ihre Abgas- und Lärmbelastung.

- Die Motorsäge mit Verbrennungsmotor darf nicht in geschlossenen Räumen eingesetzt werden.

- Sorgen Sie stets für ausreichende Kettenschärfe, richtige Kettenspannung und gute Kettenschmierung.

- Vergessen Sie nicht die tägliche Wartung Ihrer Säge. Reparaturen, von denen auch Ihre Sicherheit abhängen kann, gehören allerdings in die Hand des Fachmannes.

Empfehlenswert ist die Teilnahme an einem Motorsägenkurs! Ihr Fachhändler oder das Forstamt können über entsprechende Möglichkeiten Auskunft geben.

Fällen von Bäumen

Wer ein Durchforstungs-Flächenlos kauft, muß oft auch selbst Bäume fällen. Dabei wird es sich in aller Regel um Schwachholz handeln, so daß auch der Freizeit-Waldarbeiter das Fällen wagen kann.
Schwierige Bäume - wie stark nach einer Seite hängende, einseitig bekrönte Bäume, holzfaule oder sehr dicke Stämme - sollen grundsätzlich nur vom Profi gefällt werden, denn dazu sind Fachkenntnisse und Erfahrung notwendig.

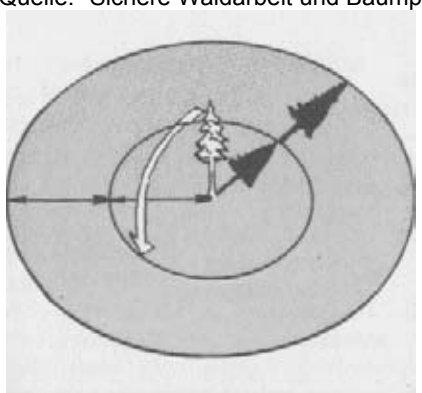
Fällrichtung: Sie bestimmen zunächst in welche Richtung der Baum fallen soll. Zwei Dinge sind dabei zu überlegen:

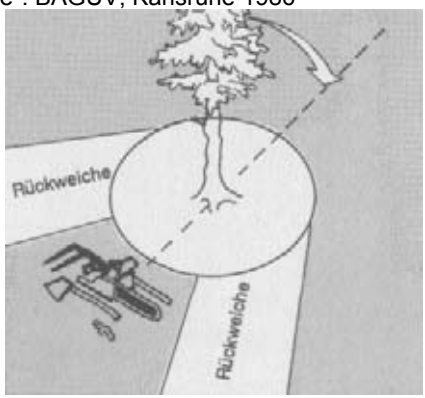
- Wo befindet sich der nächste Weg bzw. die nächste Fahrlinie? Dorthin sollte der Baum fallen, um die Tragestrecken zu verkürzen.
- Ihr Baum soll nicht in der Krone anderer Bäume hängenbleiben, d.h. Sie suchen nach einer Lücke, die das Zufallbringen erleichtert.

Die letztendliche Fällrichtung wird meist einen Kompromiß zwischen beiden Bedingungen widerspiegeln. Sollten Sie ein Laubholz-Flächenlos am Hang gekauft haben, so bestimmt der talseits verlagerte Kronenschwerpunkt der Bäume weitgehend die Fällrichtung: Hang abwärts.
Teilen Sie Ihre Arbeit so ein, daß Sie jeweils dorthin fällen, wo bereits fertig aufgearbeitet ist. Sie haben dadurch mehr Spielraum zum Zufallbringen und stehen nicht im Reisig liegender Bäume.

Fallbereich: Fallende Bäume können andere Bäume mitreißen. Als Fallbereich (= Gefahrenbereich!) gilt deshalb die doppelte Baumlänge rundum. In diesem Bereich darf sich außer Ihnen niemand aufhalten!

18 Gefahrenzonen beim Baumfällen: Fallbereich = doppelte Baumlänge rundum
Quelle: "Sichere Waldarbeit und Baumpflege". BAGUV, Karlsruhe 1986

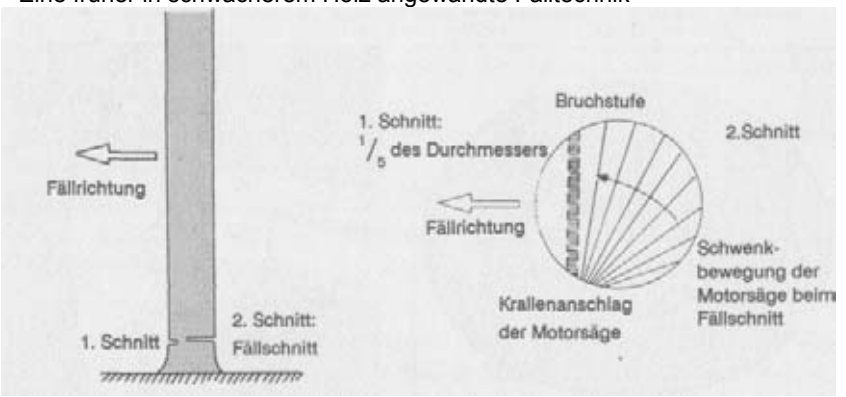




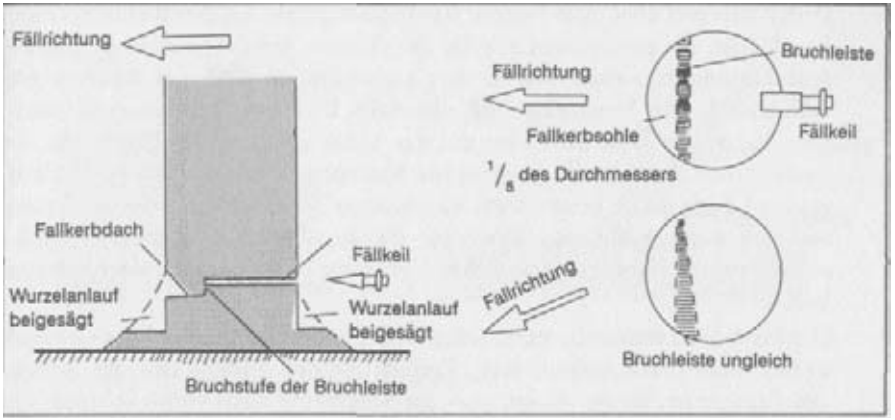
Wenn die Fällrichtung festliegt, legen Sie Ihr Werkzeug (Motorsäge, Keil, Axt) hinter dem Baum ab. Schräg nach hinten werden hindernisfreie »Rückweichen« (Rückzugswege) vorbereitet (z.B. altes Reisig entfernen). Wenn der Baum schließlich fällt, treten Sie auf die Rückweiche zurück, denn der Stammfuß kann beim Fallen nach oben oder zur Seite ausschlagen. Sie beobachten den Kronenraum wegen eventuell herabfallender Äste und warten bis die Kronen der stehenden Bäume nicht mehr schwingen. Unter hängengebliebenen Ästen weiterzuarbeiten ist gefährlich.

Fälltechnik: Bevor Sie die Säge ansetzen, befreien Sie den Stammfuß von Steinen, Erde und Bodenbewuchs. Sie arbeiten sicherer und die Kette bleibt länger scharf. Im Nadelholz kommen Sie dem Stamm besser bei, wenn Sie zuvor mit der Axt bis in Brusthöhe die Äste entfernen.
Schwache Bäume (bis 12 - 15 cm Durchmesser) fällen Sie durch einen einfachen *Schrägschnitt* mit einlaufender Kette. Dabei stehen Sie seitlich (links vorn) vom Baum. Der Stamm rutscht über die Führungsschiene nach vorn vom Stock ab.
Ein hängengebliebener Baum dieser Dicke läßt sich oft leichter mit der Schulter nach hinten bzw. bergab »abtragen« (wegtragen) als mit der Hand nach vorne Umdrucken.
Erkennen Sie schon vor dem Fällen, daß der Baum abgetragen werden muß, damit er zu Fall kommt, dann sägen Sie zuerst einen waagrechten Fällschnitt über ca. 9/10 vom Durchmesser und trennen dann mit auslaufender Kette durch einen schrägen Schnitt von oben nach unten im Fallkerbbereich das restliche 1/10 durch. Der Baum rutscht über die Schiene nach hinten und läßt sich so leichter abtragen.

19 Eine früher in schwächerem Holz angewandte Fälltechnik



20 Der Fällschnitt im stärkeren Holz



Bei stärkeren Bäumen (ab 15 cm Durchmesser) wird ein *Fallkerb* angelegt:

- Ausladende Wurzelanläufe beisägen, so daß nur noch senkrecht ziehende Holzfasern den Stamm halten (Ausnahme siehe unten).
- Der Fallkerb gibt dem Baum Richtung und Führung. Er reicht 1/5 *(max.* 1/3) des Durchmessers in den Stamm hinein. Der Winkel zwischen der waagerechten Fallkerbsohle und dem Fallkerbdach soll ca. 45° betragen. Wenn Sie zuerst den Dachschnitt anlegen, läßt sich durch die Schnittfuge beobachten, wann der Sohlenschnitt den Dachschnitt erreicht. Die Gefahr, den Baum »totzusagen«, wird dadurch geringer (siehe unten). Sie stehen rechts neben dem Baum und sägen mit einlaufender Kette.
- Der Fällschnitt wird waagerecht von hinten geführt. Dazu wechseln Sie nach links neben den Baum, um wiederum mit einlaufender Kette sägen zu können. Das Niveau des Fällschnitts liegt bei 2-3 cm (1/10 des

21 Führung der Schnitte im Detail Das Beischneiden der Wurzelanläufe kann je nach Ausformung und Stärke des Stammfußes vor oder nach der Fällung zweckmäßig sein, faule Stämme dürfen jedoch niemals vor der Fällung beigeschnitten werden,
Quelle:
"Sichere Waldarbeit und Baumpflege". Informationsschrift des Bundesverbandes der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand e.V., 1986

Durchmessers) über dem Niveau der Fallkerbsohle. Dadurch entsteht eine Bruchstufe, die gemeinsam mit der Bruchleiste, welche zwischen Fallkerb und Fällschnitt stehen bleibt, den kontrollierten Fall des Baumes gewährleistet. Die Bruchleiste soll ebenfalls 1/10 des Durchmessers stark sein. Sie ist das Scharnier, über das der Baum abkippt. Der Baum fällt allerdings nur dann in die gewünschte Richtung, wenn die Bruchleiste auf ganzer Länge gleich breit ist. Ist sie auf einer Seite breiter, zieht der Baum mehr in diese Richtung. Wenn Sie die Bruchleiste durchtrennen (d.h. »totsägen«) gerät der Baum außer Kontrolle und kann in jede Richtung fallen.

- Der Profi keilt seinen Baum um. Schalten Sie den Motor der Säge aus und stellen diese (nach hinten) weg. Treiben Sie den Fällkeil mit der Axt in den Fällschnitt, bis der Baum über die Bruchstufe nach vorne abkippt. Im Fallen reißt der Baum die Bruchleiste ab. Im etwas stärkeren Holz wird es oft notwendig sein, den Keil bereits zu setzen bevor der Fällschnitt fertig schließt. Wenn Sie beim Beisägen der Wurzelanläufe einen nach hinten führenden Wurzelanlauf belassen, haben Sie später mehr Spielraum für Keil und Führungsschiene.

Hänger: Mit der Krone in anderen Bäumen hängengebliebene Bäume können im Schwachholzbereich in der Regel abgetragen oder mit dem Wendehaken heruntergedreht werden.

- Arbeiten Sie auf keinen Fall unter Hängern weiter!
- Versuchen Sie niemals z.B. hindernde Äste zu entfernen, den aufhaltenden Baum zu fällen, einen anderen Baum über den Hänger zu werfen oder den Hänger stückweise abzuklotzen!

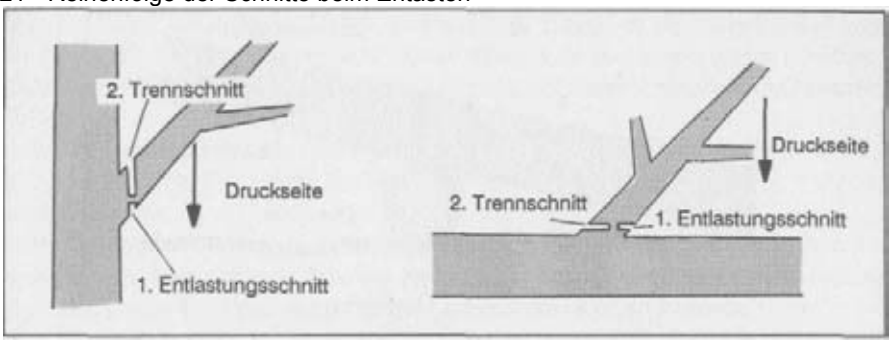
Hänger reagieren oft sehr plötzlich, schnell und gefährlich. Deshalb im Zweifel Finger weg, Fallbereich meiden, Förster oder Waldbesitzer informieren.

Entasten von Bäumen

Der Profi kennt eine Reihe von Entastungsverfahren, die hohe Leistung, Kraftersparnis, Sicherheit und günstige Körperhaltung zum Ziel haben. Die Leistung bestimmt im Zeitakkord den Verdienst.
Gerade beim Entasten sollte sich aber der Hobbywaldarbeiter nicht unter Leistungsdruck setzen, auch dann nicht, wenn der Flächenlos-Nachbar bereits seine fertigen Raummeter zählt.

Das Entasten zählt zu den unfallträchtigsten Aufgaben des Waldarbeiters. Arbeiten Sie deshalb ruhig und überlegt und versuchen Sie ganz bewußt jeden

21 Reihenfolge der Schnitte beim Entasten



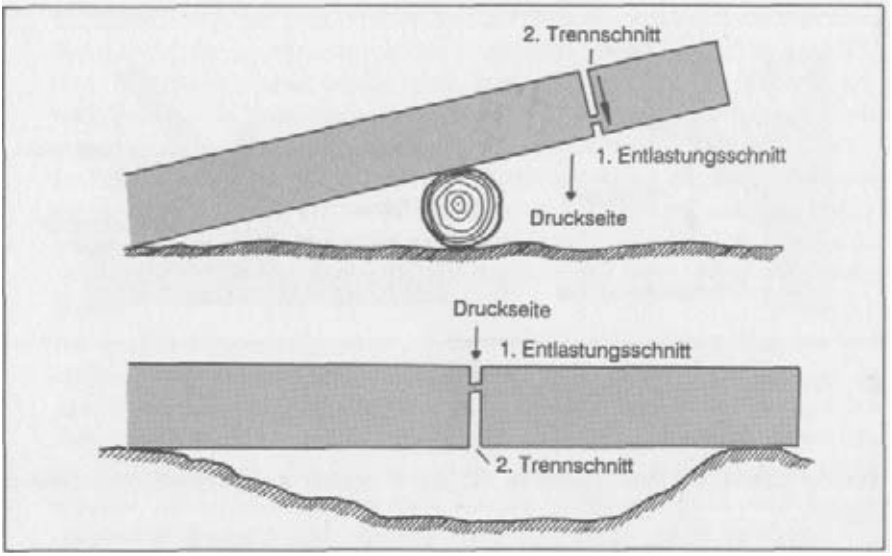
Schnitt bzw. Hieb kontrolliert zu führen. Beachten Sie dabei folgende Grundregeln:

- Auf sicheren Stand achten.
- Nur vorwärtsgehen, wenn die Säge leer läuft und die Führungsschiene auf der körperabgewandten Stammseite liegt. Niemals gehen und zugleich sägen.
- Nicht mit der Schienenspitze sägen. Rückschlaggefahr.
- Astspannungen beurteilen. Unter Spannung stehende stärkere Äste erst Stummeln und dann die jetzt spannungsfreien Stummel von Stamm trennen.
- Stamm durch Unterlagen (z.B. anderer Stamm, selbstgebauter Bock) auf günstige Arbeitshöhe bringen. Das schont die Wirbelsäule und mindert die Gefahr, in den Boden zu sägen.
- Motorgehäuse am Stamm abstützen bzw. auflegen. Das spart Kraft.
- Mit der Axt immer so entasten, daß sich der Stamm zwischen Axt und Mann befindet.
- Axthiebe vom Körper weg führen, damit abprallende Schläge ins Leere gehen.

Zersägen von Bäumen: Das Einschneiden

Auch hier gelten die Grundregeln:

- Auf sicheren Stand achten.
- Nicht mit der Schienenspitze sägen. Rückschlaggefahr.



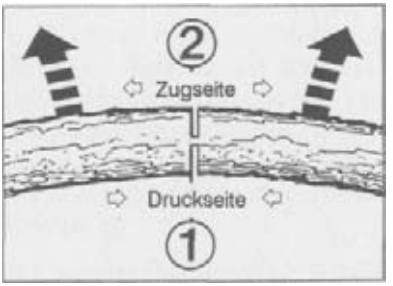
Besondere Bedeutung kommt der Beurteilung von Spannungen im Holz bei. Überlegen Sie, in welche Richtung die Längskräfte (axialen Kräfte) in der geplanten Schnittstelle wirken und sprechen Sie jeweils die Druckseite und die Zugseite an.
Der erste Schnitt ist immer ein Entlastungsschnitt in die Druckseite (aber nicht so weit, daß die Führungsschiene eingeklemmt wird). Der zweite Schnitt ist der Trennschnitt von der Zugseite her.
Überlegen Sie vorher, ob und ggf. wohin der Stamm ausschlagen kann und wählen Sie Ihren Stand so, daß Sie nicht in Gefahr geraten (d.h. bei seitlicher Spannung immer auf der Druckseite stehen, denn der Stamm schlägt zur Zugseite hin aus).
Legen Sie das einzuschneidende Holz möglichst auf Unterlagen, um nicht in den Boden zu sägen.

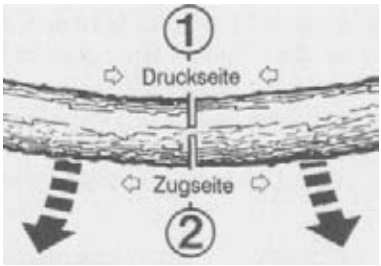
Arbeit am Hang

Spätestens bei der Aufarbeitung wird Ihnen einleuchten, weshalb Sie der Einzige waren, der für dieses Flächenlos geboten hat. Die Arbeit am Hang ist in aller Regel zeitaufwendiger, schwieriger und gefährlicher als in der Ebene.

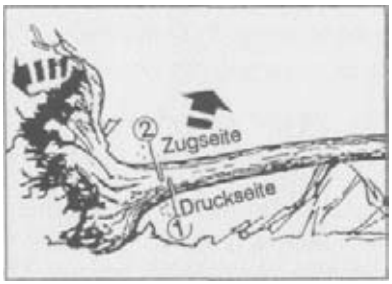
Das Bemühen um sicheres Gehen und sicheren Stand bei der Arbeit wird hier zwangsläufig in den Vordergrund treten. Hast, Eile und ungeeignete Kleidung (Schuhwerk!) sind hier noch weniger am Platz als unter einfachen Geländeverhältnissen.
Arbeiten Sie möglichst von der Bergseite her, um nicht durch abrollendes Holz in Gefahr zu geraten. Arbeiten Sie nicht in Fallinie untereinander, sondern seitlich versetzt.
Soweit sich die Fällrichtung frei bestimmen läßt (z.B. im Nadelholz), sollten Sie bemüht sein, bergauf zu fällen, um ggf. Hänger bergab abtragen und um in relativ aufrechter Körperhaltung bergauf gehend entasten zu können. Gut beraten sind Sie, wenn Sie nach einer günstigen Seilwinde Ausschau halten, mit deren Hilfe sich das Holz in langer Form zum nächsten Weg hochziehen läßt, um es dort ggf. zu entasten und einzuschneiden.

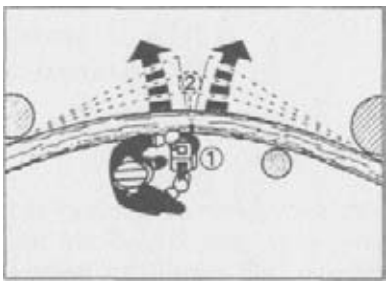
24 Spannungen müssen richtig beurteilt werden - nehmen Sie sich genügend Zeit dazu. Quelle: "Sichere Waldarbeit und Baumpflege". BAGUV, Karlsruhe 1986





Stamm auf der Oberseite in Zugspannung Gefahr: Baum schlägt hoch!
Stamm auf der Unterseite in Zugspannung Gefahr: Baum schlägt nach unten!





Starke Stämme und starke Spannung Gefahr: Baum schlägt blitzartig aus!
Stamm seillich eingespannt Gefahr: Baum schlägt zur Seite aus!

Der Abtransport

Das von Ihnen selbst aufbereitete Brennholz muß zunächst einmal dorthin gelangen, von wo Sie es schließlich auf den Anhänger laden und nach Hause fahren können. Sofern Sie nicht auf eine Seilwinde zurückgreifen können, um Ihr Holz in langer Form an Wege und Fahrlinien zu ziehen und es dort einzuschneiden - ein Verfahren, das sich natürlich auch in der Ebene anbietet -bleibt eigentlich nur die Methode »Ameise«: Kleine Lasten, viele Schritte. Denken Sie rechtzeitig daran, daß die Waldfläche selbst nur auf den vom Förster ausgewiesenen Fahrlinien (den Rückegassen) befahren werden darf. Dadurch sollen die seit einiger Zeit kritisch beurteilten Schäden am Boden wie auch am verbleibenden Baumbestand vermieden bzw. auf möglichst wenige Linien beschränkt werden.
Fahren deshalb auch Sie nicht mit Schlepper und Anhänger kreuz und quer zwischen den Bäumen herum. Der Wald wird es Ihnen danken und der Waldbesitzer sollte sich im Gegenzug über den Holzpreis erkenntlich zeigen.

Eigenschaften des Brennholzes

Wie trocken ist Holz?

Beim frisch geschlagenen »grünen« Holz kann die Hälfte des Holzgewichtes vom Wasser verursacht werden. Wenn das Brennholz ein Jahr gut belüftet gelagert war und völlig trocken aussieht, enthält es immer moch zwischen 15 und 20% Wasser. Man bezeichnet es dann als »lufttrocken«. Nach trockenen Sommertagen kann die Feuchte um 15% liegen, an neblig feuchten Herbsttagen steigt der Feuchtegehalt wieder und kann dann über 20% betragen. Das Holz tauscht nämlich mit der Umgebungsluft die Feuchtigkeit aus: es ist (schwach) hygroskopisch, so daß sich je nach natürlicher Luftfeuchtigkeit ein »Feuchtegleichgewicht« im Bereich von 15 bis 25% Holzfeuchte einstellt. Gut luftgetrocknetes Holz enthält also im Mittel zwischen 15 und 20% Wasser, bezogen auf das Darrgewicht.

Darrgewicht oder *absolutes Trockengewicht* (atro) ist das Gewicht des vollkommen trockenen Holzes. Wenn Sie den Feuchtigkeitsgehalt messen wollen, dann sägen Sie mit einer ganz scharfen Kettensäge, mit kalter Kette, die zu prüfenden Holzstücke in der Mitte durch. Fangen Sie die Sägespäne auf, wiegen Sie die Sägespäne, und schreiben Sie das Gewicht G_u auf. Jetzt trocknen Sie die Sägespäne bei 100 - 110°C im Backofen, mindestens zehn Stunden lang. Dann wiegen Sie die Späne erneut und notieren Sie das jetzt erreichte Darrgewicht G_Q.

Der relative Feuchtegehalt vor der Trocknung betrug relative Feuchte in % = (G_u - G_0)/ G_o • 100%

Beispiel:
Gewicht der Sägespäne vor der Ofentrocknung G_u = 180 g
Gewicht der Sägespäne nach der Ofentrocknung G_o = 150 g

relative Feuchte = (180 - 150)/150 • 100% = 30/150 • 100% = 20%

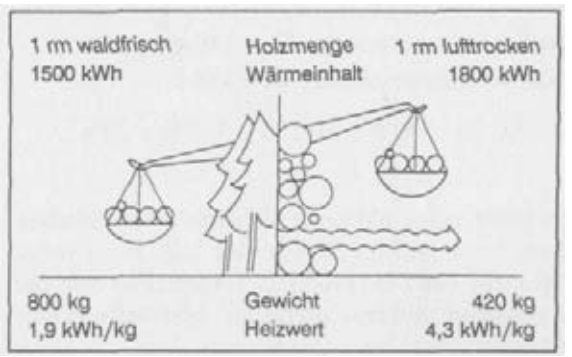
Das Holz war also lufttrocken.

Einfacher ist die Ermittlung der Holzfeuchte mit marktüblichen elektronischen Meßgeräten. Allerdings sind diese teuer und ihr Meßbereich liegt meist unter 25 Prozent Feuchtigkeit (bezogen auf das Darrgewicht). Unmittelbar vor der Messung muß das Holzstück gespalten werden, damit die Meßstelle in der Scheitmitte liegt.

Wegen des teilweise hohen und nur mit aufwendigen Verfahren feststellbaren Wasseranteils sollte Holz nicht nach Gewicht, sondern nach Volumengrößen gekauft werden. Wer bezahlt schon gern Wasser, welches den vom Produkt erwarteten Nutzen nur verringert.

Teurer Wasserschaden durch feuchtes Holz

Frisch geschlagenes »grünes« Holz oder schlecht gelagertes Holz enthält zuviel Wasser, deshalb sollten Sie schon in ihrem Interesse solches Holz nie als Brennholz verwenden. Denn das im Brennholz enthaltene Wasser hat teure Folgen. Das Wasser muß »herausgekocht« werden, bevor das Holz verbrennt. Der dadurch eintretende Wärmeverlust setzt sich zusammen aus der Energie, welche notwendig ist, um das Wasser bis zum Siedepunkt zu erhitzen, aus der Verdampfungswärme und aus der Energie, die für die weitere Erhitzung des Dampfes notwendig ist. Jeder Liter Wasser verbraucht so ungefähr 700 Wh Energie, die mit dem Wasserdampf den Schornstein verlassen. Bei guter Brennholzlagerung werden Feuchtigkeitsgehalte von 15 bis 20% erreicht. Führt eine etwas weniger optimale Lagerung zu einer nur um 10% höheren Feuchte, dann bedeutet dies schon einen Heizwertverlust von rund 9%. Der Wassergehalt verringert aber nicht nur den Heizwert, sondern er senkt als Folge auch die Temperatur in der Brennkammer. Da durch diese Temperaturabsenkung die zur vollständigen Verbrennung notwendige Hitze meist nicht mehr erreicht wird, verbrennen nicht mehr alle Holzbestandteile. Unverbrannte Holzgase verlassen den Schornstein oder schlagen sich als Teer und Ruß an den Abgasklappen und im Schornstein nieder. Energiereiche Holzteile bleiben so unverbrannt, weitere Holzenergie geht damit verloren.



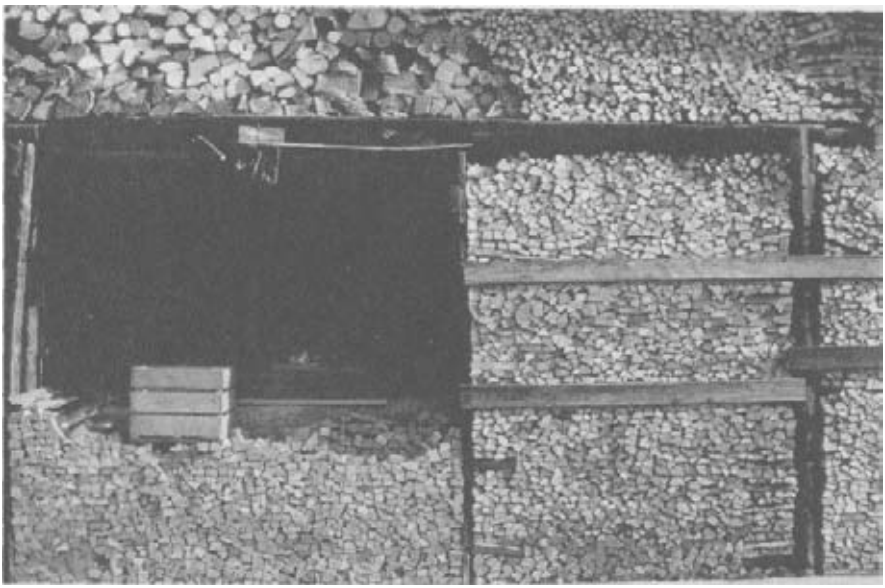
25
Wärmeinhalt und Trocknung
Quelle: Wärme aus Holz. Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern 1987; (verändert durch den Verfasser)

Der nicht verbrannte Teer und Ruß verschmutzt die Rauchgaszüge und den Schornstein, er »isoliert« die wärmeabgebenden Heizflächen und verhindert so die vollständige Wärmeabgabe. Dadurch wird eine zusätzliche dritte Wärmeverlustquelle mit dem Verbrennen zu feuchten Holzes geschaffen. Schließlich verschmutzen die unverbrannten Ruß- und Holzgasebestandteile die Luft unserer Umgebung.
Frisches, feuchtes Holz brennt schlecht, qualmt stark, heizt weniger, verrußt Ofen samt Schornstein und belastet die Umwelt. Erst mit dem Trocknen wird aus Holz wertvolles Brennholz.

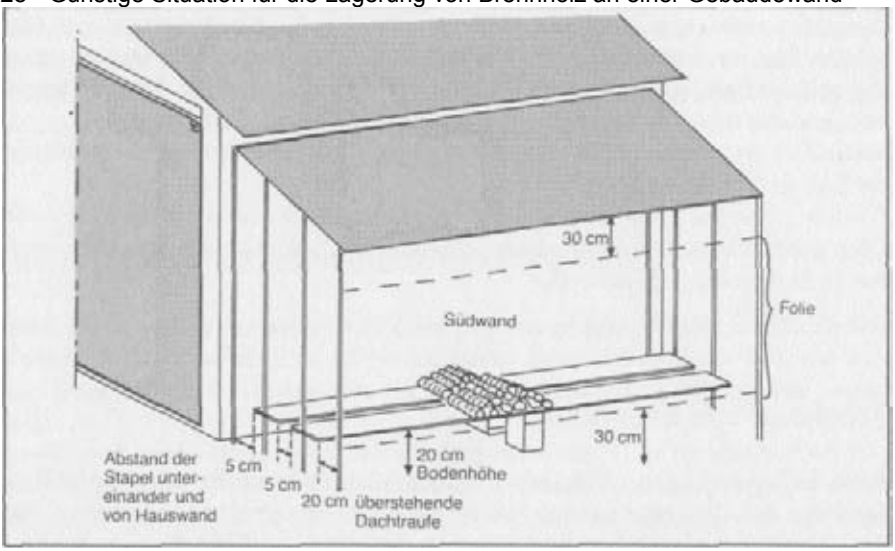
Trocknen von Brennholz

Beim Fällen trocknen: Wer sein Durchforstungsholz im Sommer einschlägt, der kann die »Laubtrocknung« (auch »Sauerfällung« genannt) ausnützen. Die Äste mit Blättern oder Nadeln bleiben noch drei bis fünf Wochen am Stamm. Über die Nadeln oder Blätter verdunstet der Baum eine Zeitlang reichlich Wasser, so daß nach trockenem Sommerwetter die Holzfeuchtigkeit auf 30-40% gesunken sein kann. Die »Laubtrocknung« funktioniert natürlich nur dann,

26 Aufgeschichteter Brennholzstapel an einer Hauswand



28 Günstige Situation für die Lagerung von Brennholz an einer Gebäudewand

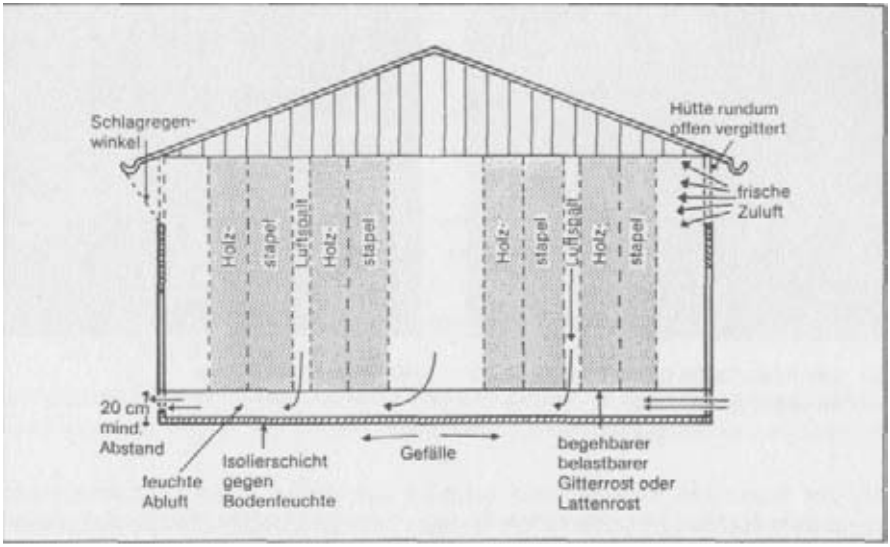


wenn die Bäume gesunde Blätter oder Nadeln besitzen. Wegen der Borkenkäfergefahr wird dieses Verfahren beim Nadelholz nicht überall erlaubt!

Trocknen durch richtiges Lagern: Folgende Grundsätze müssen beim Lagern von Brennholz beachtet werden:

- Das Holz gebrauchsfertig zersägt und gespalten lagern, weil die kleineren Holzstücke rascher trocknen als die Meterrollen.
- Holz auf etwa 20 cm hohe luftdurchlässige Unterlagen legen, damit die Luft unter dem Holzstapel hindurchblasen kann.
- Hinter der Holzbeige (dem Holzstapel) einen mindestens 5 bis 10 cm breiten senkrechten Luftspalt lassen.
- Holzbeige mit einem überkragenden Dach vor dem Regen schützen.
- Luftzugarme Räume sind für Brennholz schädlich, denn Brennholz muß trocken und möglichst luftig gelagert werden.

Weil Holz in Richtung der Leitungsbahnen (Holzgefäße) die Feuchtigkeit schneller verliert, als quer zur Faser, wird kurzgesägtes Holz rascher trocknen, wenn die Stirnflächen von Luft umweht sind.
Einen fachkundigen Holzstapel mit Dach an einer Gebäudewand zeigt Abb. 27. Steht dieser Holzstapel an einer Südwand, dann kann an der Vorderfront eine windfeste, durchsichtige, UV-stabilisierte Folie angebracht werden, die oben und unten je 30 cm offen läßt. Die Sonne heizt die Luft hinter dieser Folie auf (Treibhauseffekt) und sorgt so für eine noch raschere Trocknung. Damit



die Holzbeige nicht nach vorn umkippt, sollten vorn zwei Latten kreuzweise und zwei Latten waagerecht angenagelt werden. Am besten steht ein offener Holzstapel an einer Südwand, keinesfalls soll er an der Nordwand des Gebäudes stehen. Eine alle physikalische Gesichtspunkte berücksichtigende, patentierte Brennholz-Lagerhütte, in der das Holz auf ideale Weise trocknet und zugleich vor Diebstahl geschützt ist, zeigt Abb. 28.

Neben diesen optimalen Lagerformen gibt es noch eine Reihe befriedigender Holzlagermöglichkeiten:

Die Kreuzbeige: Besonders gut können so l m lange Spaltstücke gelagert werden. Auf zwei Unterlagen kommen zwei Querlagen. Darüber werden die Spaltstücke dicht in einer Lage quer gelegt. Darauf die nächste dichte Querlage, nur oben wird die Beige (z.B. mit Wellbitumen) abgedeckt.Diese Kreuzbeigen stehen zwar ziemlich zuverlässig, aber es schadet nicht, wenn Sie an den Seiten eine Stütze sicherheitshalber einschlagen.

Die Finne: Eine kreisrunde Fläche im Hof wird mit Steinen belegt, damit der darauf aufzubauende Holzstapel nicht direkt auf der Erde aufliegt. Nun wird eine runde Holzbeige kunstvoll gesetzt. Dabei sehen die dickeren Teile der Holzstücke stets nach außen. In den in der Mitte entstehenden hohlen Turm wird das gespaltene Holz locker geworfen. Oben - jedoch nicht seitlich! - wird die Finne gegen Regen abgedeckt.

29 Die Kreuzbeige gibt dem Brennholzstapel sicheren Halt
30 Brennholz-Finne

Bei der Finne für Arbeitsscheue befindet sich außen keine Halt schaffende kunstvolle Holzbeige, sondern ein stabiler Maschendraht, der das locker eingeworfene Holz am Herausfallen hindert.

Lagerplatz für Brennholz

Beim Trocknen verliert das Brennholz geringfügig an Volumen (bis zu 10%), vor allem aber an Gewicht (bis zu 40%).
Wer mit Holz heizen will, muß sich einen Lagerplatz schaffen, auf dem der mindestens 1,5 fache Jahresbedarf an Holz Platz findet. Nur dann kann es stets ausreichend trockenes Holz verfügbar haben. Für den Ersatz von 1000 l Heizöl sind 5 Raummeter (= Kubikmeter) Laubholz notwendig. Das 1,5 fache dieses Volumens sind 7,5 Raummeter. Also ist für den Ersatz von 1000 l Heizöl ein Holz-Lagervolumen von mindestens 8 Kubikmeter notwendig.

Der Heizwert von Holz

Im Holz sind folgende chemische Elemente enthalten:
- Kohlenstoff mit etwa 50%,
- Sauerstoff mit etwa 43%,
- Wasserstoff mit etwa 6%,
- kleine Mengen von Stickstoff und nicht brennbaren Materialien.

Holz enthält fast keinen Schwefel, deshalb entsteht beim Verbrennen von Holz auch nahezu kein giftiges und die Umwelt belastendes Schwefeldioxid.

Die genannten chemischen Elemente bilden folgende Holzinhaltsstoffe:

- Cellulose (rund 50% der trockenen Holzsubstanz) mit 4,8 kWh/kg Heizwert,
- Lignin (25 bis 30% der Holzsubstanz) mit 7,5 kWh/kg Heizwert,
- celluloseähnliche Polysaccharide wie Polyosen, Hemicellulosen (zusammen 20% der Holzsubstanz) mit 4,5 kWh/kg Heizwert,
- Harze, Wachse, Fette, Öle oder ähnliches (bis 5% der Holzsubstanz) mit bis zu 10 kWh/kg Heizwert.

Der Heizwert eines Holzes ist deshalb um so größer, je mehr Harze und Lignin das Holzstück enthält. Da Nadelbäume mehr Harze und Lignin als Laubbäume

Tabelle 2: Heizwerte von lufttrockenem Holz (Feuchte: 15 -18% v. Darrgewicht)

Baumart	Heizwert für Derbholz in kWh/rm (gerundet auf 100 kWh/rm)	Heizwert für Derbholz in kWh/kg
Weißbuche	2.200	4,2
Rotbuche	2.100	4,2
Eiche	2.100	4,2
Esche	2.100	4,2
Robinie	2.100	4,1
Birke	1.900	4,3
Ulme	1.900	4,1
Ahorn	1.900	4,1
Erle	1.500	4,1
Weide	1.400	4,1
Pappel	1.400	4,2
Laubbäume im Mittel	2.100	4,2
Douglasie	1.700	4,4
Kiefer	1.700	4,4
Lärche	1.700	4,4
Fichte	1.600	4,4
Tanne	1.500	4,4
Nadelbäume im Mittel	1.600	4,4
Brennholz im Mittel	1.800	4,3

enthalten, besitzen die Nadelbäume mit durchschnittlich 4,4 kWh/kg einen höheren Heizwert als die Laubbäume mit durchschnittlich 4,2 kWh/kg Holz. Aufgrund der höheren Dichte der Laubbäume ist der Heizwert je Raummeter Derbholz bei den Laubbäumen mit 2.100 kWh/rm deutlich höher als bei den Nadelbäumen mit durchschnittlich 1.600 kWh/rm. Die Spanne zwischen den einzelnen Baumarten ist bei den Laubbäumen besonders groß. Beispielsweise liegen Pappel, Erle und Weide im Heizwert je rm an der unteren Grenze, verglichen mit der Nadelbaumskala. Die vom Flächengewicht in Deutschland weit überwiegenden Laubbäume besitzen jedoch deutlich höhere Heizwerte als das Nadelholz.

Die Heizwerte variieren nicht nur von Baumart zu Baumart, sondern auch innerhalb der Baumart von Baum zu Baum erheblich. Die angegebenen Werte sind mittlere Werte für ein durch die Natur recht verschieden gewordenes Gut. Auch die Größe der Holzstücke beeinflußt den Heizwert je Volumeneinheit:

Tabelle 3: Heizwerte je Kubikmeter Raumvolumen von lufttrockenem Holz (gerundet auf 100 kWh)

Stückgröße kWh/rm	Laubholz (Buche/Eiche)	Nadelholz kWh/rm
Holzscheite und Rollen mit über 14 cm 0	2.200	1.700
Holzprügel und Rollen mit 7 - 10 cm 0	1.800	1.400
Reisigprügel (4 - 7 cm 0 gebündelt)	1.300	1.100
kurzgesägtes und gespaltenes Holz ungeordnet (Sackholz)	1.200	1.000
Holz-Hackschnitzel	1.000	800

Die Vorliebe für Laubholz als Brennholz liegt einmal sicher in dem höheren Heizwert je Volumeneinheit. Daneben spielen aber vermutlich auch die für die Holzverbrennung nur wenig geeigneten Kohleöfen eine Rolle, die derzeit noch vorwiegend in Betrieb sind. In solchen Öfen verbrennt im Teillastbereich offenbar Nadelholz schlechter als Laubholz.

Die nutzbare Heizwärme des Holzes hängt in ganz bedeutenden Maße ab von:

- dem Wassergehalt des Holzes,
- der technischen Eignung des Ofens für die Holzverbrennung.

Hackschnitzel

Vor allem für automatische Holzheizanlagen und für Vorofenfeuerungen werden möglichst einheitlich kleingehackte Holzstücke gebraucht, die Holzhack-

Brennstoffart (Holz lufttrocken)	Menge	Preis je Menge incl.Mwst (1988)	Heizwert	angenommner feuerungs-technischer Wirkungsgrad	nutzbarer Heizwert	Preis je 1000 kWh
		DM	kWh	%	kWh	DM
Laubderbholz ab Waldw.	1 rm	80,-	2070	75	1553	51,51
- selbstaufbereitet	1 rm	20,-		75		12,88
Nadelderbholz ab Waldw	1 rm	60,-	1570	75	1178	50,93
- selbstaufbereitet	1 rm	10,-		75		8,49
Brennholz i.D. ab Waldw.	1 rm	70,-	1800	75	1350	51,85
- selbstaufbereitet	1 rm	15,-		75		11,11
Heizöl EL	1 l	0,40	10	80	8	50,-
Steinkohle Eß-Nuß 3	50 kg	36,-	450	75	338	106,51
Koks 3	50 kg	35,-	395	75	296	118,24
Braunkohlenbriketts	50 kg	25,-	280	75	210	119,05
Flüssiggas	1 kg	1,20	13	85	11	109,09
Erdgas H	1 m^3	0,55	10	85	9	61,11
Strom	1 kWh	0,13	1	100	1	130,-

Tabelle 4: Nutzbare Heizwerte und Preisvergleich verschiedener Brennstoffe

schnitzel. Während im normalen Holzofen die Hackschnitzel nicht kleiner als 6 cm sein sollen, weil sie sonst zu dicht gepackt liegen, sind für automatische Holzheizanlagen Schnitzelgrößen von 2 bis 3 cm besser, weil diese von den Transportschnecken zuverlässiger bewegt werden, eine geringe Rückbrandgefahr darstellen und im Vorofen optimal vergasen. In allen Fällen sollen aber die Hackschnitzel in einem engen Raum einheitlich groß sein, weil nur so eine

31 Ein Hackschnitzelhacker bei der Arbeit 32 Hackschnitzel

Beide Photos: CMA, Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft, Bonn

optimale Feuerqualität erzielbar ist. Je ungleichmäßiger die Hackschnitzel sind, um so schwieriger ist eine vernünftige Steuerung der Verbrennung. Nicht überall können Hackschnitzel gekauft werden, denn die Hacker sind relativ teure Maschinen und wirtschaftlich erst dann einsetzbar, wenn eine ausreichend große Hackschnitzelnachfrage vorhanden ist.
Der Kauf der Hackschnitzel erfolgt am besten nach dem absoluten Trockengewicht. Dazu werden mehrere gleichmäßig verteilte Proben aus dem Hackschnitzelberg gezogen und gewogen (G). Nach dem Trocknen dieser Proben im Backofen bei 105°C über mindestens zwölf Stunden werden diese Proben erneut gewogen und damit das absolute Trockengewicht G_o festgestellt.

Das Trockengewicht des gesamten Hackschnitzelberges beträgt dann
Gesamt-Trockengewicht = Gewicht des Hackschnitzelberges • G_o/G_u

Beispiel:

Hackschnitzel-Lieferung 7 t
Gewicht der Probe vor der Trocknung (G_u) = 800 g
Gewicht der Probe nach der Trocknung (G_o) = 580 g
Trockengewicht der Lieferung:
7 t - 580/800 = 7 t • 0,725 = 5,075 t

Die Schnitzel sollen möglichst wenig biologisch aktive Laub- und Nadelbestandteile enthalten, weil diese die Gärung und Selbsterhitzung verstärken. Auch Verunreinigungen durch Erde sind nachteilig, weil sie zu bezahltem Gewicht ohne Heizwert führen und Heizungsstörungen sowie Schlackenbildung hervorrufen können.

Ein Problem ist die Trocknung der Hackschnitzel. Nicht ausreichend trockene Schnitzel erwärmen sich stark, weshalb bei Kontakt mit leicht entzündlichen Stoffen wie Heu, Stroh, etc. das Risiko der Selbstentzündung gegeben ist. Die Lagertemperatur der Hackschnitzel beträgt normalerweise nicht mehr als 80'C. Für eine Selbstentzündung reicht diese Temperatur bei Holz nicht aus, da der Flammpunkt bei 230°C liegt.

Die Schnitzel sollen auf einer trockenen Unterlage (z.B. Plane, Betonboden) unter einem seitlich offenen Dach zwischengelagert werden. Durch die Wärmeentwicklung bei der Gärung können die waldfrisch über 70% feuchten Hackschnitzel in 2 bis 3 Monaten auf unter 35% getrocknet werden. In speziellen Schnitzellagerräumen (Silo, Bunker) befinden sich am Boden Luftkanäle (ähnlich den Dränagerohren). Über diese Kanäle kann erwärmte und damit trockene Luft (z.B. aus einem Getreidetrockner) durch das Hackgut geblasen werden. So lassen sich die Hackschnitzel schon in einer Woche auf 25% herunter trocknen. Optimal sind um 20 - 25% liegende Feuchtewerte (bezogen auf das

Darrgewicht). In der Bundesrepublik dürfen in handbeschickten Feuerungsanlagen nur lufttrockene Hackschnitzel verbrannt werden. Das Hackschnitzelsilo soll so gebaut sein, daß es direkt mit dem Transportfahrzeug befüllt werden kann. Es muß aus feuerfestem Material in geschlossener Bauweise erstellt werden, damit keine Katastrophe eintritt, wenn ein solcher Schnitzelbunker einmal in Brand gerät.

Das Volumenmaß für Hackschnitzel ist der Schutt-Kubikmeter (m_s^3). Ein Raummeter Schichtholz ergibt knapp 2 m_s^3 Hackschnitzel. Jeweils die Heizleistung von 1000 kWh stecken bei einer Hackschnitzelfeuchte von 20 bis 25% In

- 1,0 m_s^3 Buchen/Eichen-Hackschnitzel,
- 1,2 m_s^3 Kiefern/Lärchen-Hackschnitzel,
- 1,3 m_s^3 Fichtenhackschnitzel.

1000 l Heizöl entsprechen damit im Heizwert etwa 10 m_s^3 Buchen- bzw. Eichen- oder 13m^3 Fichtenhackschnitzeln.

Kunstvolle Holzbrennstoffe

Mit ligninfreien Holzlamellen kann jeder heizen, indem er Papier verwendet. Ein 10 cm hoher dicht gepackter Stoß alter Zeitungen, einmal gefaltet, brennt auf einer ausreichenden Holzglut wie ein Braunkohlenbrikett als Dauerglüher und kann die Glut zwischen drei und fünf Stunden halten. »Künstliche« Holzbrennstoffe sind unter hohem Druck gepreßte Briketts aus Rinde, Sägemehl und Sägespänen. In der Bundesrepublik Deutschland dürfen Brennstoffe aus Sägemehl, Sägespänen, Schleifstaub oder Rinde nur in Anlagen mit über 15 kW Nennwärmeleistung verbrannt werden. Dies gilt auch für Briketts aus diesem Heizmaterial. Als Bindemittelzusätze sind nur Stärke, pflanzliches Paraffin oder Melasse zugelassen. Diese Heizungen unterliegen strengeren Rauchgasgrenzwerten als die kleineren Öfen.
Gestrichenes, lackiertes oder beschichtetes Holz, Abfälle aus Sperrholz, Spanplatten oder Faserplatten dürfen nur in Betrieben der Holzbe- und -Verarbeitung mit speziellen Auflagen und Grenzwerten verbrannt werden. Mit Holzschutzmitteln behandeltes Holz darf nicht verfeuert werden! Zu den Holzschutzmitteln zählen alle Stoffe mit biozider Wirkung gegen holzzerstörende Insekten oder gegen Pilze, ferner Stoffe, welche die Entflammbarkeit von Holz erschweren.

Prinzipien der Holzverbrennung

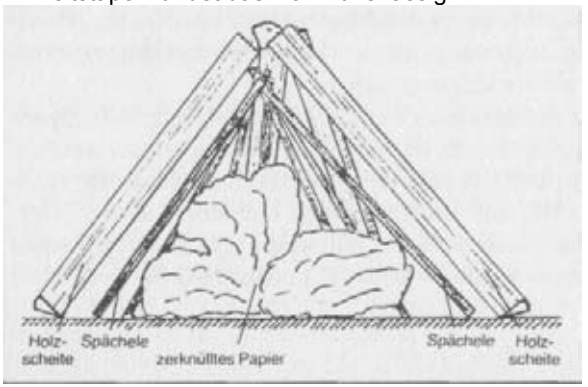
Der Aufbau des Holzfeuers

Zum Anfeuern brauchen Sie

- locker zerknülltes Papier mit Hohlräumen,
- schmal gespaltene Holzspäne (die »Spächele«) oder Reisig und
- normale Holzscheite.

Für Durchbrandöfen und offene Kamine gibt es nichts Besseres als das, was Winnetou und Rulaman auch schon taten. Obgleich diese beiden durch 10.000 Jahre und 25.000 Kilometer getrennt waren, entzündeten sie ihr Lagerfeuer auf gleiche Weise: Sie errichteten einen Zeltstapel. In die Mitte des »Zeltes« kommt das sich am leichtesten entzündende Material - heutzutage zusammengeknülltes Zeitungspapier. Über diesen Papierkern werden die fein gespaltenen Anfeuerspäne (oder Reisig) gelegt. Wer mit dem fein gespaltenen Holz zu sparsam umgeht oder wer zu grobes Holz verwendet, dessen Feuer brennt nicht, weshalb dann die Übung so lange wiederholt werden muß, bis die falsche »Sparsamkeit« überwunden ist. Über das Spanholz-Zelt wird das Holzscheit-Zelt aufgebaut.
Beim gut gebauten Anfeuerzeltstapel genügt ein Streichholz, um die Energielawine auszulösen: Mit dem Streichholz wird das Papier entfacht, dessen Verbrennungswärme entzündet die Anfeuerspäne, und diese entzünden die normalen Holzscheite. Beim Unterbrandofen müssen ganz unten zwei oder drei Holzscheite liegen, darüber die Späne und auf diesen beziehungsweise dahinter das Papier. Mit Kohleanzündern aus dem Haushaltsgeschäft können bei diesen Öfen die Holzscheite einfacher in Brand gesetzt werden.

33
Im Zeltstapel zündet das Holz zuverlässig



Manchmal zieht zunächst der Schornstein nicht. Die kalte Luft steckt, einem Pfropfen vergleichbar, im Rauchrohr und Schornstein. Den Kaltluftpfropfen schießen Sie aus dem Kamin, indem Sie etwa zehn Zeitungsseiten zusammenknüllen, entzünden und unter den Rauchgasabzug halten. Wenn die Flammen dieses Papierbrandes auflodern und in den Rauchabzug hineingezogen werden, ist der Kaltluftpfropfen ausgetrieben.
Weil eine höhere Sauerstoffdichte die notwendige Zündtemperatur verringert, kann ein träges Feuer durch Anblasen aufgemuntert werden. Allerdings sollte diese »künstliche Beatmung« bei richtiger Technik nicht notwendig sein.

Entzünden von Holz

Je größer die Oberfläche eines Holzstückes im Verhältnis zu seinem Volumen ist, um so größer ist seine Zündbereitschaft. Deshalb eignen sich kleingespaltene Anfeuerspäne oder Reisigholz besonders gut zum Anheizen. Die dünnen Streichhölzer entflammen noch leichter als die Holzspäne. Feinstverteilter Holzstaub kann sich in einer sauerstoffreichten Umgebung sogar explosionsartig entzünden. Weil Fichtenholz eine niedrige Holzdichte besitzt und kaum anorganische Mineralstoffe enthält, entzündet es sich besonders leicht. Holz, welches dichter ist und mehr Mineralstoffe enthält, wie Eichen-Kernholz, entzündet sich langsamer. Der Grund liegt vermutlich darin, daß bei dichten und mineralstoffreichen Hölzern die Wärmeleitfähigkeit höher ist, wodurch der Wärmestau an der mit der Zündflamme in Kontakt kommenden Oberfläche verkleinert wird. Die Holzoberfläche eines dichten und mineralstoffreichen Holzes erreicht deshalb die notwendige Entzündungstemperatur nicht ganz so schnell. Die mittlere Wärmeleitzahl in Richtung der Holzfaser ist mit 0.27 Wh/mh°C doppelt so hoch wie quer zur Holzfaser mit 0,14 Wh/mh°C. Dank der niedrigen spezifischen Wärme von lufttrockenem Holz (0,5 bis 0,7 Wh/kg) genügt eine bescheidene Wärmezufuhr, damit die Entzündungstemperatur von etwa 230C überschritten wird. Die Zündtemperatur von Holz liegt nur halb so hoch, wie die von Eierbriketts, welche erst bei 500'C zünden. Die verschiedenen Holzinhaltsstoffe haben nicht nur unterschiedliche Heizwerte, sondern auch verschiedene Brenneigenschaften. So entzünden sich Lig-nine schwerer als Zellulosen und Zellulosen schwerer als Hemizellulosen.

Holzverbrennung

Holz ist zwar ein fester Brennstoff, aber wenn Holz verbrennt, dann tut es dies vorwiegend als Holzgas. Weil rund 83% (Gewicht) der brennbaren Holzsubstanz als Gas verbrennen, gilt das Holz neben Stroh als der gasreichste Brenn-

Stoff-eigenschaft	Stoffart	Aggregatzustand b.d. Verbrennung	Gewichts-anteil in %	Elementbestandteile in Gewichts %
brennbar	Holzkohle Kohlenwasserstoffe	fest gasförmig	14 67	43% Kohlenstoff 5% Wasserstoff 33% Sauerstoff
nicht brennbar	Wasser (als Dampf) Asche	gasförmig fest	18 unter 1	2% Wasserstoff 16% Sauerstoff 1% Mineralien

Tabelle 5: Holz-Energiebestandteile und deren Eigenschaften

stoff unter den Heizmaterialien. Diese 83% der als Gas verbrennenden Holzsubstanz erzeugen knapp 70% des Holzheizwertes. Beim Koks verbrennen weniger als 10% der brennbaren Substanz gasförmig. Dieser Unterschied ist verantwortlich dafür, daß ein guter Holzofen andere technische Eigenheiten besitzen muß als ein Kohleofen. Die langen Flammen des offenen Holzfeuers mit seiner wärmeausstrahlenden Farbe wären ohne das Holzgas nicht vorhanden. Weil Holz vorwiegend in einer großen Holz-Gasflamme verbrennt, braucht es zur guten Verbrennung einen großen Brennraum. Außerdem muß der Gasflammzone eine zusätzliche (sauerstoffreiche) erhitzte Frischluft zugeführt werden. Diese vorerwärmte »Sekundärluft« ist notwendig, damit das vorhandene energiereiche Holzgas möglichst vollständig ausbrennt. Holz ist ein naturgewachsener, nicht genormter Stoff. Deshalb lassen sich die Entwicklungsstufen eines Holzfeuers nicht in einen ganz exakten Rahmen stellen. Die schon von Holzstück zu Holzstück verschiedenen Stoffzusammensetzungen und Brennfaktoren führen zu unübersichtlichen Mischvorgängen. Zusätzlich treten in einem brennenden Holzstück die einzelnen Brandstufen zeitweilig gemeinsam auf, da die Temperaturerhöhung und die Brennvorgänge allmählich von der Außenseite nach innen vordringen.

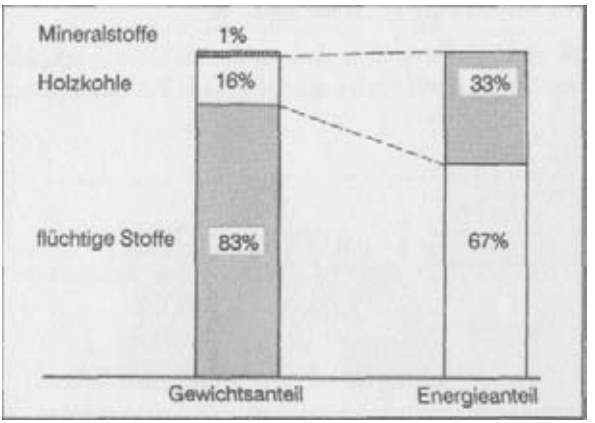
Tabelle 6: Reaktion der Holzbestandteile beim Verbrennen

Anteil an der Trockenmasse in%	Stoffart	Zerfalls-produkte	Zerfallszwischen-keit bei 'C	failsgeschwindig-in 'C	Höchste Zer-beginn unter anderem
20 50 26 4	Holzpolyosen, Hemizellulose Zellulose Lignin Öle, Harze, Fette	150 170-270 Aceton, Phenole Holzessig Aceton, Ameisensäure inhomogene Gruppe	Lävoglukosan, Holzessig, 200 - 280 Methanol, sehr		230 - 270 330 - 370 über 375

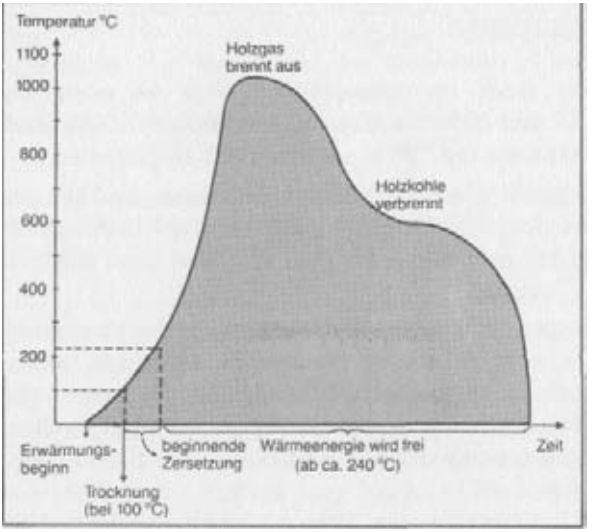
Stufen der Holzverbrennung

Trocknen der Restfeuchte. Auch im lufttrockenen Holz ist noch eine Restfeuchtigkeit zwischen 15 und 20% des Gewichtes vorhanden. Diese Restfeuchtigkeit wird bei Temperaturen um 100°C aus dem Holz ausgetrieben.
Beginnende Zersetzung. Ungefähr gleichzeitig beginnen einzelne, im Holz enthaltene Stoffe, flüssig zu werden; ihre Moleküle fangen an, sich aufzuspalten und zu verdampfen. Allerdings entweichen die sich bildenden Gase zwischen 100°C und 200°C noch sehr langsam.
Holzgas entsteht. Die zunächst entstehenden Holzgase entzünden sich an der Flamme des Anzündpapiers, aber sie würden noch nicht selbständig weiterbrennen, wenn die Zündflamme weggenommen würde. Bis zu diesem - bei etwa 225°C liegenden - Reaktionspunkt muß dem Holz Wärmeenergie zugefügt werden, damit der Verbrennungsvorgang weiterläuft. Bis hierher findet also eine endotherme Reaktion statt.
Wärmeenergie wird frei. Ab 260°C tritt ein deutlicher Wärmeüberschuß bei der stattfindenden Umwandlung (Pyrolyse) im Holzfeuer auf. Die Reaktion ist jetzt exotherm. Wegen des Sauerstoffmangels in der Nähe des sich rasch zersetzenden Holzstückes entflammen sich bildende Holzgase oft erst ein gutes Stück vom Holzscheit entfernt, wenn sie sich genügend mit sauerstoffhaltiger Luft durchmischt haben. Die Flammentemperatur, bei der das vollständig in seine reaktionsfähigen Bestandteile Kohlenstoff und Wasserstoff zersetzte Holzgas oxidiert, liegt bei 1000°C.
Nur wenn das Holzgas bei hoher Temperatur ausreichend mit Sauerstoff vermischt ausbrennen kann, wird die im Holz enthaltene Heizenergie auch ausgenutzt. Zugleich werden dann keine unvollständig aufgespaltenen Kohlen-Wasserstoff (Sauerstoff-)-Verbindungen durch den Schornstein in den unschuldigen

Gewichts- und Energie-anteii der festen und flüchtigen Söffe im Holz
Quelle: Heizen mit Holz. Bundesamt für Konjuktur-fragen, Bern 1987 (verändert durch den Verfasser)



35
Der Brandverlauf eines Holzfeuers

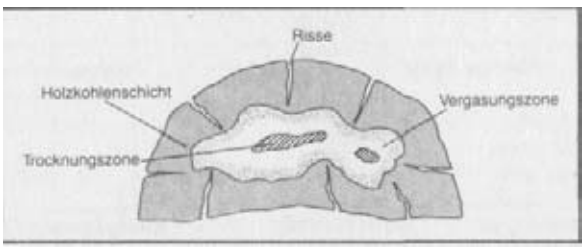


Himmel transportiert. Bei vollständigem Ausbrennen der Holzgase entsteht Kohlendioxid CO_2 und Wasser H_2O - beides natürliche, die Umwelt nicht belastende Stoffe.

Die Holzkohle verbrennt. Durch die Hitze wurden die Wasserstoff enthaltenden Bestandteile aus den Kohlenwasserstoffverbindungen des Holzes abgespalten und als Gas verbrannt. Wegen des rasch entweichenden Holzgases konnte nicht genügend Sauerstoff an die Oberfläche des Holzstückes gelangen, weshalb sich dieses zunehmend in Holzkohle verwandelt hat. Sobald das Holz entgast ist, kann diese Holzkohle bei einer Temperatur von 500 bis 800°C verglühen. Reine Holzkohle verbrennt praktisch ohne Flamme, weshalb Holzkohle für Kaminfeuer nicht geeignet ist.

Wird ein brennendes, dickes, außen schon verkohltes Holzstück quer durchgeschnitten, dann findet man folgende Zersetzungszonen:

36
Brandzonen in einem aufgeschnittenen angebrannten Holzstück



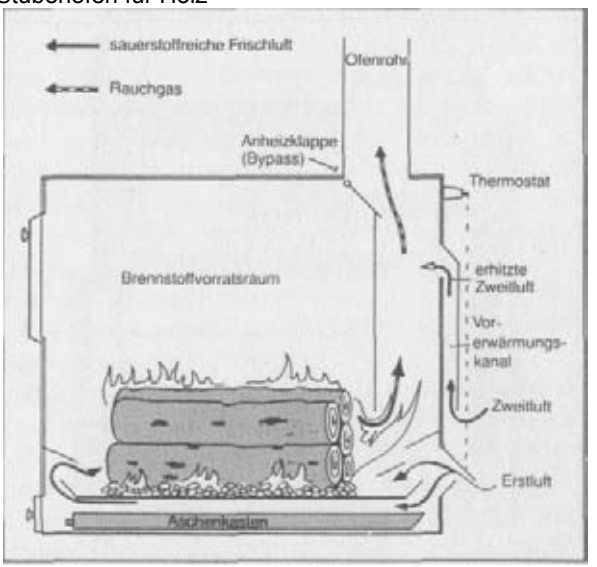
• Außen hat sich schon Holzkohle gebildet. Diese Schicht ist teils wegen des Masseschwundes aufgerissen, teils durch das sich Platz schaffende Holzgas aufgesprengt.
• Darunter befindet sich ein schmaler Bereich, in dem sich das Holz gerade thermisch zersetzt. Hier läuft die Holzvergasung auf vollen Touren.
• Im Kern des Holzstückes kann noch eine unverbrannte Zone gesunden Holzes vorhanden sein, wenn dort die Zersetzungstemperatur von 100°C bis 150°C noch nicht erreicht wurde.

Das Holz klein zu spalten kostet zwar mehr Arbeit, aber weil bei kleinen Holzstücken die Verbrennung über das Holzstück einheitlicher abläuft, führen kleine Stücke zu einer besseren Verbrennungsqualität und erleichtern die Feuerregelung.

Holzfeuer brauchen zweimal Luft

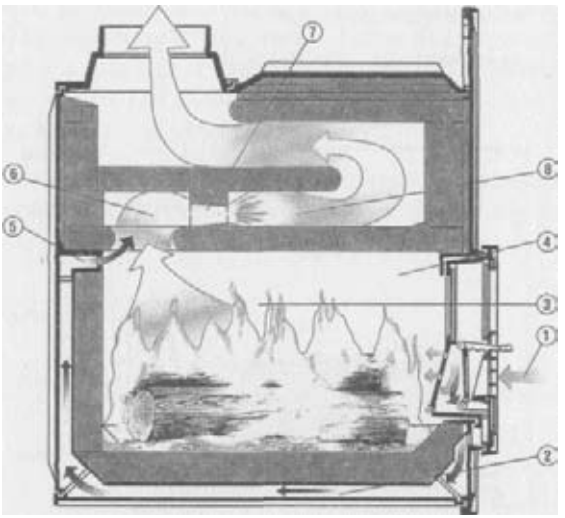
80% der Verbrennungsluft soll als Erstluft dem Holzfeuer zugeführt werden. Diese »Primärluft« sorgt für die Zersetzung der Holzbestandteile und die Holzgasbildung, außerdem ist sie für den Holzkohleabbrand notwendig. 20% Verbrennungsluft sollen als Zweitluft in den Gasbereich der Holzgasflammen gebracht werden. Diese »Sekundärluft« sorgt für den vollständigen Ausbrand des Holzgases. Damit durch die Zweitluftzufuhr die Holzgasflam-

Ein einfacher Stubenofen für Holz



men nicht abgekühlt werden, weil sie dann nicht vollständig ausbrennen, muß diese Zweitluft möglichst hoch erhitzt den Holzgasflammen zugeführt werden. Die Durchmischung der Sekundärluft mit den sehr heißen Holzgasen stellt eines der technischen Probleme beim Bau von Öfen dar. Heiße Gase vermischen sich aus physikalischen Gründen nur sehr schlecht. Durch Wirbelstrecken oder enge Düsen wird die Vermischung in guten Öfen verbessert. Nach der Sauerstoffanreicherung sollte das Holzgas zunächst vollends ausbrennen können (es sollte mindestens eine Sekunde Ausbrennzeit haben), bevor es an die Wärmetauscher gelangt.

Eine ideale Gasdurchmischung von sauerstoffreicher Luft und Holzgasen wird nicht erreicht. Deshalb muß mehr sauerstoffhaltige Luft zugeführt werden, als rechnerisch zur vollständigen Verbrennung notwendig wäre. Dieser »Luftüberschuß« sollte erfahrungsgemäß bei dem 1,7 fachen liegen. In einigen Öfen wird die primäre Luftzufuhr über einen Thermostat gesteuert, der die Temperatur der abziehenden Rauchgase mißt und je nachdem die Luftklappe mehr oder weniger weit öffnet. Beachten Sie bitte: Durch Unterbrechen der Luftzufuhr wird die Zersetzung des Holzes beim bisher üblichen Durch-brandofen nicht abgestoppt, sondern im Tempo nur etwas verringert, aber der Wirkungsgrad wird ganz erheblich verschlechtert.
Deshalb soll die Wärmeleistung nicht durch eine Verringerung der Frischluftzufuhr oder durch die Drosselung des Schornsteinzuges gesenkt werden, weil das Holzgas nicht mehr vollständig ausbrennen kann. Besser ist es, die Wärme-



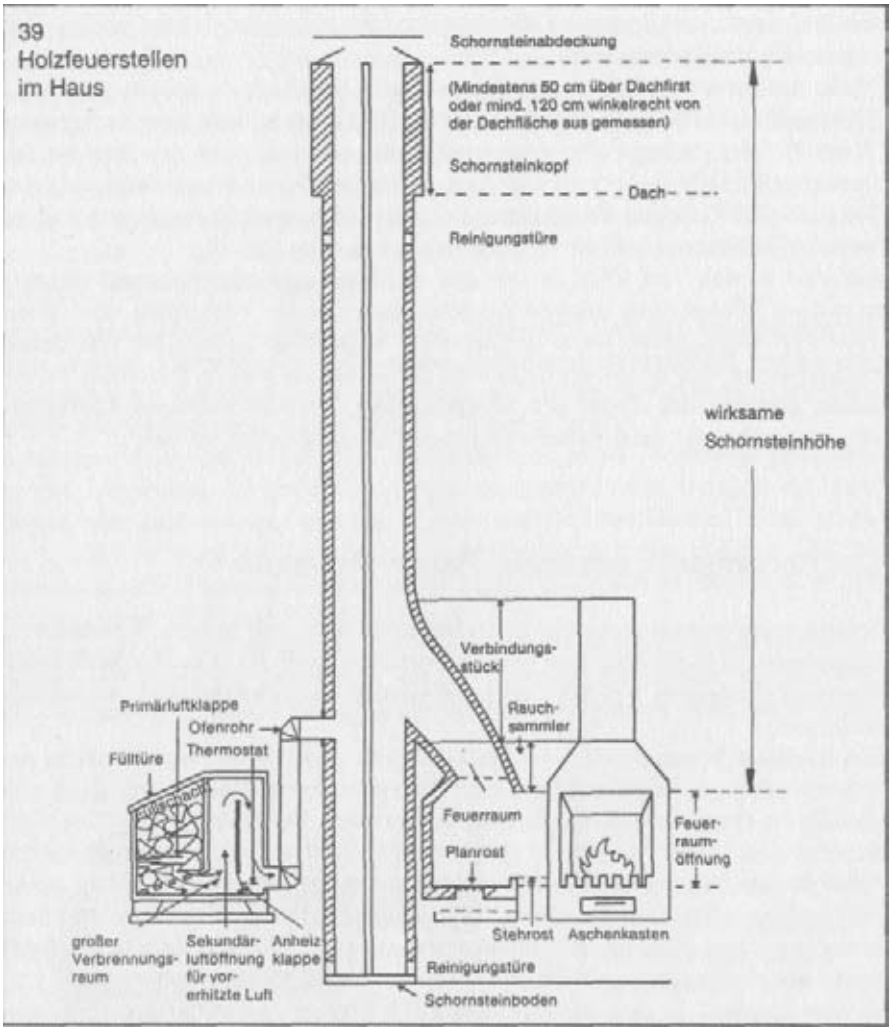
38
Kachelofen-Heizeinsatz mit Mischkammer und Mischdüse (11 kW)
Quelle: Leda-Werk, Postfach 1160, W-2950 Leer
Legende

1 Hauptluft	2 Sekundärluftkammer
3 Hauptverbrennungskammer	4 Entgasungskammer
5 Sekundärluftdüse	6 Mischkammer
7 Mischdüse	8 Nachverbrennungskammer

leistung durch eine sparsame Brennstoffzufuhr zu regeln, indem mäßig, aber regelmäßig nachgelegt wird.
Nicht nur zu wenig Luft bringt Nachteile, zu viel Luft ist ebenso ungünstig. 10 kg lufttrockenes Holz braucht zwischen 30 bis 40 m^3 Luft zum Verbrennen. Wenn zuviel Luft zugeführt wird, muß dieses »Zuviel« auch erwärmt werden und trägt Energie in Form heißer Luft durch den Schornstein nutzlos davon. Bei rund 200°C heißen Rauchgasen bedeutet jeder unnötig zugeführte und erwärmte Kubikmeter Luft ein Wärmeverlust von etwa 70 Wh. Für den Betrieb von Öfen in den gut isolierten und abgedichteten Räumen moderner Wohnungen müssen spezielle Zuluftkanäle vorhanden sein. Diese Frischluft sollte, bevor sie in den warmen Wohnraum strömt, an Wärmeaustauschflächen des Ofens vorbeiziehen, damit sie als warme Frischluft in den Raum gelangt; dies erhöht den Wohnkomfort. Deshalb sollte am Kachelofen ein entsprechender Frischlufterwärmungskanal vorgesehen werden.

Der Schornstein, ein flotter Rauch-Fahrstuhl

Schornsteine müssen aus nicht brennbarem Baustoff mit hohem Wärmedurchlaßwiderstend hergestellt sein. Der Schornstein muß für eine Festbrennstofffeuerung mindestens 5 m hoch sein und er muß - auch unverputzt - vollständig dicht sein.
Ein stärkerer Schornsteinzug ist besser als ein schwächerer, weil Drosseln des Schornsteinzuges leicht möglich, eine Zugverstärkung dagegen technisch aufwendig ist (zum Beispiel durch den Einbau eines Ventilators). Der Zug eines Schornsteins hängt von dessen Höhe (Höhendifferenz vom Feuerrost bis zur Schornsteinmündung) und dem Innenquerschnitt ab. Der ohne Gebläse schon vorhandene natürliche Rauchzug, der »Naturzug« muß festgelegte Mindestwerte erreichen. Der bei der Holzverbrennung entstehende Entgasungsdruck wirkt wie ein Rauchgasgebläse und verstärkt den Naturzug. In dem Geschoß, in dem der Holzofen steht, muß er an dem Schornstein angeschlossen sein. Ein Ofenrohr über zwei Stockwerke ist nicht zulässig. Ein zu starker Kaminzug oder eine zu kleine Brennkammer führen dazu, daß die Nachverbrennung in den Wärmetauschflächen oder im Schornstein stattfindet. Beides führt zu Energieverlusten.
Einige Länder verlangen generell einen zweiten Schornstein, wenn im Doppelbetrieb ein Holzofen neben einem Ölkessel angeschlossen werden soll. Andere Bundesländer gestatten den Doppelbetrieb, wenn durch die Technik garantiert ist, daß der Ölkessel stillsteht, wenn der Holzkessel brennt. Die Steuerung erfolgt dann nach folgendem Regelkreis: Der Holzrauch wird über 100°C heiß. Ein Thermostat, der dies registriert, schaltet den Strom für



den Ölbrenner ab und schließt mit einer zeitlichen Verzögerung die Rauchgasklappe des Ölbrenners. Nur der Holzbrenner raucht dann noch durch den Schornstein. Wenn das Holzfeuer erlischt, wird die Blockade aufgehoben und bei weiterem Wärmebedarf kann dann der Ölbrenner sich wieder einschalten. Ist der Schornsteinquerschnitt so groß, daß die Rauchgase beider Feuerungsanlagen bei gleichzeitigem Vollastbetrieb abgeführt werden können, dann kann ein Parallelbetrieb der Holzheizung mit der Öl- oder Gasheizung ausnahmsweise genehmigt werden.

Ein eigener Schornstein ist erforderlich für offene Kamine, Kaminöfen und Anlagen über 20 kW Gesamtnennwärmeleistung.

Naturzug. Das Holzfeuer reguliert seinen Luftbedarf in weiten Grenzen selbständig. Wird weiteres Holz nachgelegt, entwickeln sich Holzgasflammen, diese stoßen durch ihre Ausdehnung den Luftstrom in den Rauchgaszügen und im Schornstein an. Außerdem beschleunigt die Erwärmung des Luftstromes den Rauchgasstrom. Umgekehrt verlangsamt sich der Rauchgasstrom, wenn das Holz entgast und die Rauchgaszüge wieder kühler sind. Trotzdem muß die Luftklappe beim ausgebrannten Ofen geschlossen werden, da sonst der immer vorhandene schwache Naturzug die Ofenzüge auskühlt. Dies kann vor allem beim wärmespeichernden Kachelgrundofen zu erheblichen Verlusten führen.

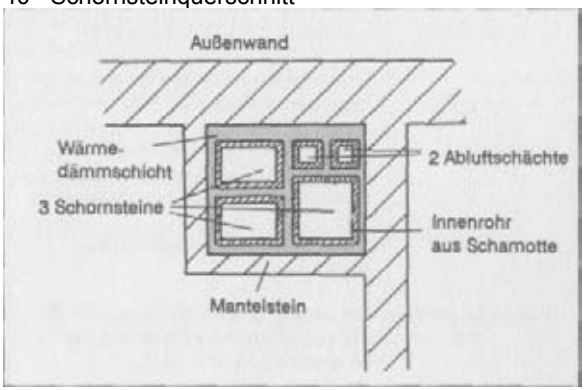
Schornsteinbrand. Wenn mit einem bollernden, fauchenden oder röhrenden Feuer der Schornstein ausbrennt, dann sind daran Holzteerablagerungen schuld, die bei einem starken Ofenfeuer sich entzünden können. Was tun?

- Als erstes sind alle Luftklappen am Ofen zu schließen, damit dem Feuer die Frischluft abgestellt wird.
- Dann sind alle Hausteile um den Schornstein herum auf Schäden zu prüfen.

War der Schornstein in einwandfreiem Zustand - hatte er also keine noch so kleinen Risse -, dann erstirbt der Schornsteinbrand ohne Folgeschäden. Im anderen Fall muß schnellstens die Feuerwehr her. Im Zweifel ist es immer besser, die Feuerwehr zu rufen!

Weder die Hausratversicherung, noch die Gebäudeversicherer verlangen eine höhere Versicherungsprämie bei Holzheizungen, weil nämlich technisch einwandfreie und richtig betriebene Holzheizungen genauso sicher sind, wie andere Heizmethoden.

40 Schornsteinquerschnitt



Rußablagerung. Die nicht vollständig gecrackten Holzbestandteile können sich auf kalten Oberflächen als schwarzer Ruß niederschlagen. Der Vergang ist vergleichbar mit dem Rußniederschlag auf einem kalten Teller, der über eine Kerzenflamme gehalten wird. Ruß ist ein Zeichen für eine unvollständige Verbrennung. Brennt sich der teerartige Holzruß ein, entsteht lackähnlich aussehender Glanzruß. Leider läßt sich die Rußbildung beim Anheizen im kalten Feuerraum nicht vermeiden, aber nach der Anheizphase darf kein Ruß mehr entstehen. Eine Rußschicht erschwert die Wärmeabgabe an die darunter liegende Wand, sie ist daher im Wärmetauscher besonders unerwünscht.

Schornsteindurchnässung. Im Holzrauch ist immer auch Wasser enthalten. Dieser Wasserdampf führt zu einem weißen Rauchwölkchen im kalten, klaren Winterhimmel. Ist die Temperatur im Schornstein zu niedrig, dann kondensiert das Wasser schon im Kamin und durchnäßt die Schornsteinwände. Die Kaminversottung mit all ihren teuren Folgen ist das schädliche Ergebnis. Bei gut lufttrockenem Holz liegt die kritische Untergrenze des Rauches - der Taupunkt - bei 45°C. Folglich muß eine über dieser Temperatur liegende Mindestwärme am Schornsteinkopf noch vorhanden sein. Bei feuchtem Holz wird diese kritische Grenze schon bei 60°C unterschritten.
Rund 130 bis 150°C soll das Rauchgas vor dem Eintritt in den Schornstein noch heiß sein. Bei schlechter Schornsteinisolierung müssen es entsprechend höhere Temperaturen sein. Vor der Kaminversottung schützt trockenes Holz, eine ausreichend heiße Verbrennung und eine gute Schornsteinisolierung.

Tabelle 7: Die wichtigsten Emissionen bei der Holzverbrennung
Quelle: Wärme aus Holz. Bundesamt für Konjukturfragen, Bern 1987

Stoff im Rauchgas	Beschreibung/Ursache	Beurteilung
Asche	feste, unbrennbare Rückstände	lästig
Kohlendioxid CO_2	natürliches Zerfalls-/Abbauprodukt	Teil des natürlichen Kreislaufs
Ruß	unverbrannter Kohlenstoff wegen unvollständiger Verbrennung	lästig vor allem in Feuerungsanläge und Kamin
Stickoxid NO_X	Brennstickstoff und Luftstickstoff + Luftsauerstoff -> NO_x Ursache: Luftüberschuß, hohe Verbrennungstemperaturen	ähnlich wie vergleichbare Öl- und Gasfeuerungen
Kohlenmonoxid CO	giftiges Gas, wegen unvollständiger Verbrennung	höher als bei vergleichbaren Öl- und Gasfeuerungen
Kohlenwasserstoffe HC	fest, flüssig, gasförmig (Hauptanteil des sichtbaren Rauches). Entsteht durch unvollständige Verbrennung	je nach Feuerung und Verbrennungsqualität schwach bis stark toxisch u./o. umweltschädigend

Holzfeuerrauch. Feuerungsanlagen für den Einsatz fester Brennstoffe sind laut Bundesimmissionsschutzverordnung »raucharm« zu betreiben. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn Feuerungsanlagen mit raucharmen Brennstoffen betrieben werden. Nur »trockenes Holz« ist ein raucharmer Brennstoff. Beim Verbrennen des Lignins entsteht meist ein für den Holzrauch typischer aromatischer Geruch. Solange das Holzgas nahezu vollständig ausbrennt, dürfte dieser Restgeruch von keinem Gericht als »unangenehm« verurteilt werden. Auch Kohle- oder Ölheizungen haben einen spezifischen Geruch. Holz enthält (fast) keinen Schwefel, keine Chlorverbindungen und keine Schwermetalle, deshalb können Holzheizungen auch ohne spezielle Filter umweltfreundlich betrieben werden. Wird in der Brennkammer des Holzofens die zur vollständigen Zersetzung notwendige hohe Temperatur erreicht, dann verbindet sich in der heißen Zone ein (kleiner) Teil des Luftstickstoffes mit dem Luftsauerstoff zu Stickoxiden. Bei niedriger Brennkammertemperatur bildet sich zwar (fast) kein Stickoxid, dafür aber geraten unvollständig verbrannte Holzgasbestandteile in die Luft. Nach der bisherigen Sachlagebeurteilung ist eine vollständige Holzverbrennung unter Inkaufnahme von Stickoxid besser als die umgekehrte Lösung mit zu niederen Brennkammertemperaturen. Der Rauch von unvollständig verbranntem Holz enthält eine Reihe organischer Verbindungen (z.B. Kohlenwasserstoffe wie Benzole, diverse organische Säuren, Aldehyde, Kresole, Phenole und andere Aromate). Einige dieser Stoffe sind starke Geruchsträger und einzelne gelten als gesundheitsschädlich. Schon deshalb ist es notwendig, durch eine gut geregelte Verbrennung in einem geeigneten Holzofen dafür zu sorgen, daß das Brennholz vollständig ausbrennt. Auf lange Sicht werden die bei einer unvollständigen Verbrennung freigesetzten Stoffe von den natürlichen Kräften zu waldüblichen Grundbestandteilen abgebaut. Eine langfristige Umweltgefahr geht von ihnen somit nicht aus.

Tabelle 8: Wie Emissionen gering gehalten werden können
Quelle: Wärme aus Holz. Bundesamt für Konjukturfragen, Bern 1987

1. Hauptforderung: Kesselkonstruktion, mit welcher hohe Temperaturen in der Brennkammer und damit hohe Flammtemperaturen erreicht werden können.
2. Holzsortimente verwenden, für welche der Kessel geeignet ist.
3. Beschickung und Betrieb so einrichten, daß eine vollständige Verbrennung mit nur geringer Schwelgasbildung erreicht wird.
4. Mit der Rauchgasreinigung kann bei automatischen Feuerungen mit hohem Aschenanteil (Unterschub-, Einblasfeuerung usw.) der Flugaschenanteil wirksam reduziert werden.

Schadstoffe	Kohlen-	Kohlen-	Schwefel-	Stick-	Kohlen-	Partikel
	dioxid	monoxid	dioxid	oxide	waserstoffe	
Feuerung	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ
Öl	76.000	17	95	50	15	5
Gas	60.000	8	0,2	35	12	0,2
Kohle	100.000	1.500	700	50	330	330
Holz konventionell	122.000	1.500-6.500	0	40 - 250	100-700	50-150
Holz modern	122.000	130-650	0	40-150	26-50	5-26

Tabelle 9: Spezifische Emissionen verschiedener Feuerungen bezogen auf den unteren Heizwert (1 MJ = 0,278 kWh) Quelle: Wärme aus Holz. Bundesamt für Konjukturfragen, Bern 1987

Unser Ziel muß sein: Ein das Holz vollständig verbrennender und damit die Holzenergie vollständig ausnutzender Holzofen. Dieser ist energiewirtschaftlich sinnvoll, und der erzeugte Holzrauch ist umweltfreundlicher als der Rauch aus Kohle- oder Ölfeuerungen und hält sogar einem Vergleich mit Gasfeuerungen stand.

Holzasche

Die ausgebrannte Asche enthält in der Regel noch gut 24 Stunden lang Glutteile. Deshalb muß sie eine ausreichende Zeit in einem Metallbehälter ausglühen können. Normalerweise beträgt die Holzasche nur 0,3% (Gewicht) des eingebrachten Holzes. Wenn jedoch Rinde, Blätter und Zweige mit verfeuert werden, nimmt der Aschenanteil deutlich zu. Wenn das Holz verschmutzt ist und damit Erdreich in den Ofen kommt, steigt der Aschenanteil ebenfalls. Es gibt mineralstoffreiche Tropenhölzer, deren Aschenanteil ein Mehrfaches unserer Holzarten ist. Holzasche schmilzt meist nicht zu Schlacken, weil die Verbrennungstemperatur in der Regel unter 1.200°C beträgt. Der Schmelzpunkt der Holzasche liegt jedoch bei 1.300 bis 1.400°C. Wenn Strohhäcksel mit verfeuert werden, kann die Temperatur über dem Aschenbereich so hoch ansteigen, daß die Asche schmilzt, also verschlackt. Solche verschlackten Ofenteile sind schlecht zu reinigen.
Die Holzasche besteht zum größten Teil aus Calcium, Kalium und Magnesium. Die mittleren Werte liegen bei 50% CaO Calcium, 16% K_2O Kalium, 15% MgO Magnesium, 7% P_2O_2 Phosphor, 5% SiO_2 Silizium, 5% Na_2O Natrium und kleine Mengen Eisen, Mangan etc. Die Schwankungsbreite der Inhaltsstof-

fe ist sehr hoch, wie fast alle Werte bei dem Naturprodukt Holz. Holzasche kann als Gartendünger verwendet werden, allerdings nur, wenn es reine Holzasche ist.

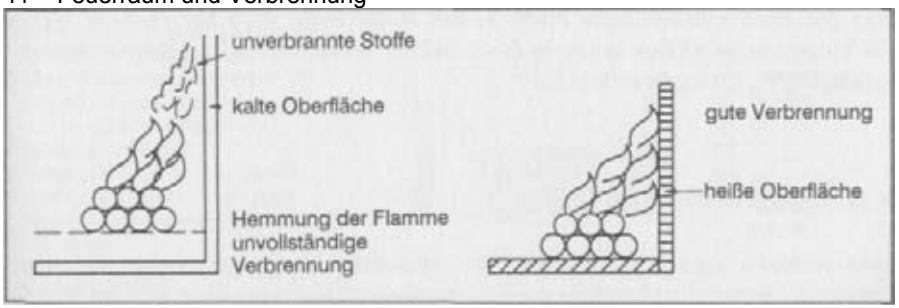
Brennkammer

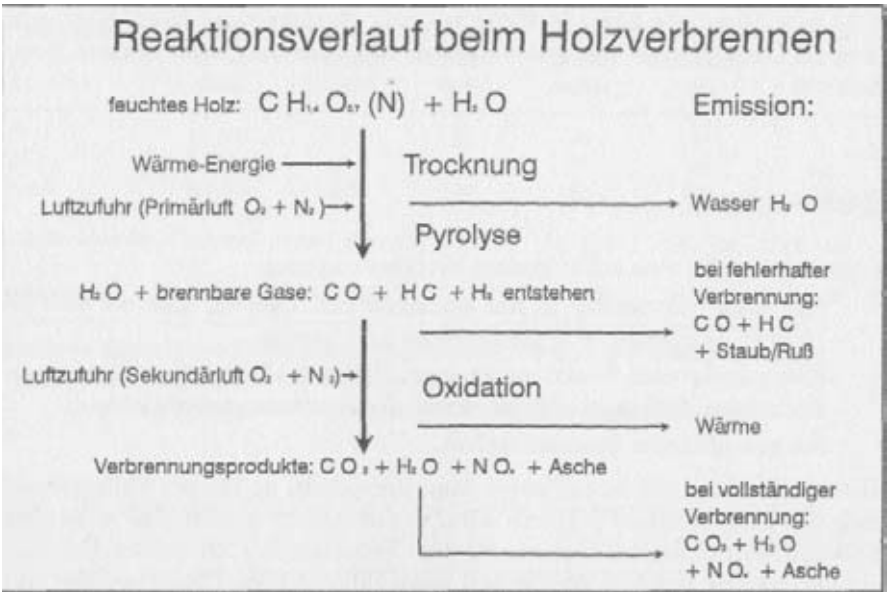
Voraussetzung für eine vollkommene Verbrennung sind:

- Eine hohe Temperatur in der Brennkammer. Optimal sind um 850 bis 1000°C. Mindestens 600°C müssen erreicht werden.
- Eine ausreichende Reaktionszeit, damit die heißen Holzgase mit den sauerstoffreichen Luftgasen sich gut vermischen und ausreagieren können.
- Ein ausreichender Sauerstoffgehalt.

Kritisch ist selten der ausreichende Sauerstoffgehalt, da bei der Holzverbrennung mit Luftüberschuß gefahren wird. Problematisch ist eher eine zu geringe Reaktionszeit, indem bei einer zu kleinen Brennkammer die heißen Holzgase zu rasch aus der heißen Brennkammer weggeführt werden. Davor bewahrt eine größere Brennkammer oder - falls der Schornsteinzug zu stark ist - eine Verringerung dieses Zuges. Damit sich die Holzgase und die Verbrennungsluft gut vermischen, werden sie in Verengungen (Düsen) verwirbelt. Dies ist umso wichtiger, je heißer die in die Brennkammer gelangenden Gase sind, weil sich heiße Gase nur schwer vermischen.
Der häufigste Mangel liegt in zu niedrigen Brennkammertemperaturen. Deshalb sind mit Schamotte ausgemauerte und gut wärmeisolierte Brennkammern zu empfehlen. Diese können noch mit Keramik oder mit Edelstahlblechen ausgekleidet sein.
Inzwischen wurden Feuerfestauskleidungen entwickelt, welche sich ab Anheizbeginn sehr rasch erwärmen, weil sie die Wärme relativ schlecht ableiten. Da-

41 Feuerraum und Verbrennung



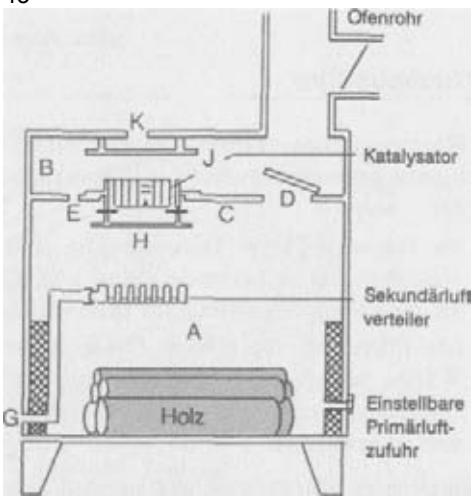

Reaktionsverlauf beim Holzverbrennen
feuchtes Holz: C H1,4 O0,7 (N) + H2 O
Emission:
Wärme-Energie
Trocknung
Luftzufuhr (Primärluft O2 + N2)
Wasser H2 O
Pyrolyse
H2 O + brennbare Gase: C O + H C + H2 entstehen
bei fehlerhafter Verbrennung:
C O + H C
+ Staub/Ruß
Luftzufuhr (Sekundärluft O2 + N2)
Oxidation
Wärme
Verbrennungsprodukte: C O2 + H2 O + N Ox + Asche
bei vollständiger Verbrennung:
C O2 + H2 O
+ N Ox + Asche
42 Reaktionsverlauf bei der Holzverbrennung

durch entsteht schnell eine hohe Feuerraumtemperatur und somit eine gute Verbrennungsqualität.
Ein Wärmeaustausch vor dem vollständigen Ausbrennen der Holzgase stoppt die Verbrennung und ist deshalb schädlich. Die Verbrennung der heißen Holzgase und der Wärmeaustausch im Holzofen müssen somit zeitlich wie räumlich deutlich getrennt ablaufen.
Um die Mängel schlecht gebauter Holzöfen auszugleichen, werden gelegentlich »Nachbrennkammern« empfohlen. Diese Nachbrennkammern können dort eingebaut werden, wo das Holzgas erst im Rauchrohr oder gar erst im Schornstein ausbrennt. Nachbrennkammern bestehen aus feuerfestem Beton oder Schamottesteinen und weisen eine Sekundärluftzufuhr auf. Das Ziel einer vollständigen Nutzung der Holzenergie wird nur erreicht, wenn die Holzgase möglichst lange in einer heißen sauerstoffreichen Brennkammeratmosphäre ausreagieren können!

Katalytische Nachbrenner

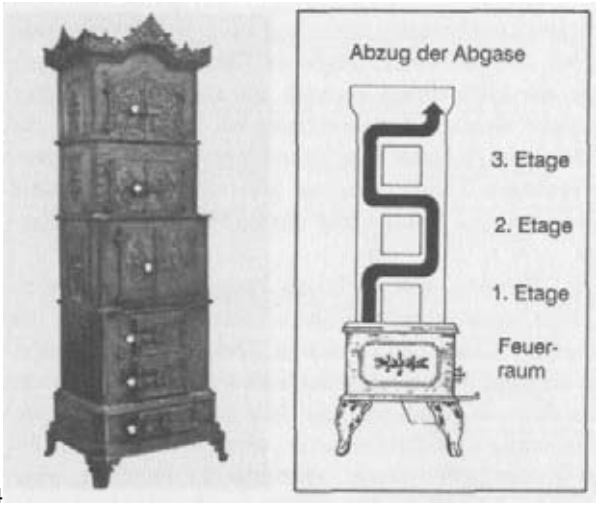
Katalysatoren sind Beschleuniger, die chemische Vorgänge rascher ablaufen lassen. Während die Holzgase normalerweise erst bei einer über 600 bis 800°C

liegenden Temperatur ausreichend ausbrennen, kann mit Hilfe von Katalysatoren dieser Ausbrand schon bei 300 bis 400°C beginnen. Bei relativ niedrigen Feuer-Temperaturen kann so, mit Hilfe dieser Technik, ein zufriedenstellender Ausbrand der Brenngase erreicht werden. Voraussetzung ist, daß das über die Katalysatorenoberfläche strömende Holzgas eine ausreichende Menge Sauerstoff enthält und die Katalysatoren-Zündtemperatur überschritten ist. Diese Zündtemperatur kann bei einem neuen Katalysator um 250°C, bei einem älteren um 350 bis 400°C liegen.
Damit der Katalysator seine Wirkung voll entfalten kann, braucht er eine große Oberfläche. Indem viele quadratische Röhren bienenwabenartig zu einem Rohr gebündelt werden, ist dieses Ziel erreichbar. Bei einem Rohrquerschnitt von 160 cm^2 können so rund 500 Einzelröhren zu einem knapp 15 cm dicken und 76 cm langen Katalysator gebündelt sein. Mit der Länge des Katalysators steigt zwar dessen Leistung und Lebensdauer, aber auch sein Durchflußwiderstand. Eine höhere Zellendichte steigert ebenfalls die Leistung, aber auch den Durchflußwiderstand und damit die Verstopfungsgefahr. Die Grundsubstanz kann aus Keramik bestehen, auf der sich eine Trägerschicht aus Leichtmetalloxid befindet, die ihrerseits die Edelmetallegierung des Katalysators trägt. In Holzöfen mit Katalysatoren darf nur naturbelassenes Holz verheizt werden, weil sonst die Gefahr besteht, daß beim Verbrennen Katalysatorengifte frei werden und diesen unbrauchbar machen. Auch der Schwefel aus schwefelhaltigen Brennstoffen, zum Beispiel Kohle, kann ein solches



Ofen mit Katalysator

Quelle: Corning Glas GmbH, Wiesbaden
A Brennstoff- und Brennraum
B Wärmetausch an den Ofenwänden
C Umlenkplatte
D Bypaßklappe zur Umgehung des Katalysators
E Sicherheitsöffnung für Brenngase, damit auch bei geschlossener Bypaßklappe und verstopftem Katalysator eine Minimalmenge an Rauchgas abziehen kann
G Sekundärluft-Zufuhr
H Schutzplatte für den Katalysator
J Strahlungsreflektor, um die Hitze am Katalysatorausgang zurückzustrahlen
K Schauglas zur optischen Katalysatorkontrolle



44

Alter Prachtofen mit einer großen Oberfläche zum Wärmeaustausch
Quelle: Dr. Lange, 4050 Viersen 11

Katalysatorengift sein. Sollte der Katalysator durch größere Flugaschestücke zulagern, beispielsweise beim Verbrennen von Papier, dann könnnen diese mit einem weichen Pinsel wieder entfernt werden.
Die Lebensdauer eines richtig behandelten Katalysators kann um 6000 Betriebsstunden liegen. Wer sicher wissen will, ob ein Katalysator arbeitet, der muß die Temperatur der Rauchgase vor und hinter dem Katalysator messen. Solange die Ausgangstemperatur höher als die Eingangstemperatur ist, arbeitet der Katalysator.

Wärmetauscher

Im »Wärmetauscher« wird die bei der Verbrennung entstandene Hitze aus den Rauchgasen entnommen. Bei den Öfen unserer Großeltern wirkten als Wärmetauscher

- die Ofenoberfläche: Diese strahlte einen Teil der Hitze als Strahlungswärme in das zu heizende Zimmer. Außerdem heizte sich die Zimmerluft an der heißen Ofenwand auf (Konvektion).
- das Ofenrohr: An diesem Ofenrohr erwärmte sich die Raumluft. Die Wärme wurde also ausgetauscht zwischen den heißen Rauchgasen im Ofenrohr, welche sich dabei abkühlten und der kühlen Zimmerluft, die sich so erwärmte.

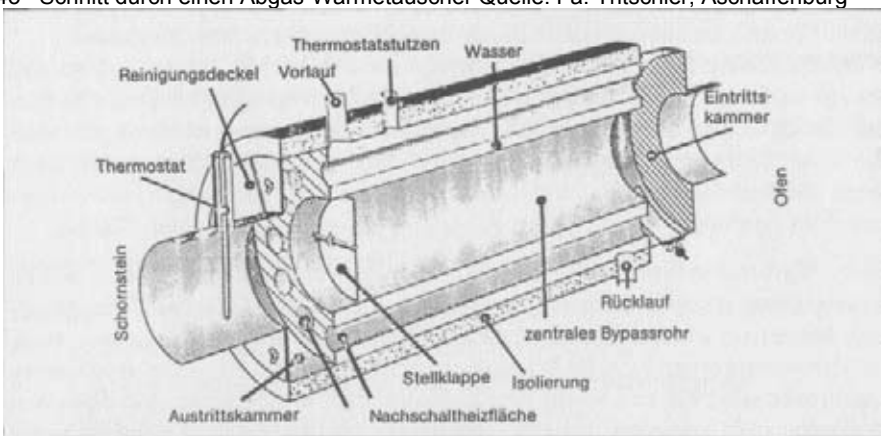
Merkmal jedes Wärmetauschers ist, daß sich die heißen Rauchgase abkühlen und dafür einen anderen Stoff, den »Wärmeträger«, erwärmen. Bei den ge-

nannten Öfen war dieser Stoff die Luft. Beim Kessel einer Wasser-Zentralheizung ist das Wasser im Heizungskreislauf der Wärmeträger. Die Wärmetauschflächen müssen stets sauber sein. Jeder Millimeter Schmutz erschwert den Wärmedurchgang und verringert dadurch die Wärmeabgabe. Die Wärmetauschflächen verteeren, wenn die Rauchgase nicht ausreichend ausgebrannt sind. Der dann sich bildende Rußbelag behindert den Wärmeübergang und verengt die Rauchgaskanäle. In den Wärmetauscher dürfen folglich nur vollkommen ausgebrannte Holzgase kommen.
Deshalb ist für die Anheizphase ein Rauchgas-Bypass notwendig. Dieser führt die in der Anheizphase stets zu kalten Holzgase aus der Brennkammer direkt in den Schornstein. Dadurch bleiben die Wärmetauschflächen sauber. Der Rauchgas-Bypass wird über einen Thermostat gesteuert, der die Rauchgastemperatur mißt und entsprechend die Rauchgase entweder direkt zum Schornstein oder über den Wärmetauscher leitet. Achten Sie beim Ofenkauf darauf, daß die Flächen des Wärmetauschers leicht zu reinigen sind.

Abgaswärmetauscher

Wenn die Rauchgase am Schornsteineintritt zu heiß sind, wird gelegentlich ein Abgaswärmetauscher empfohlen. Ein solches Gerät kann nur bei Holzheizkesseln mit Wasser als Wärmeträger verwendet werden. Die Gefahr beim Einsatz eines Abgaswärmetauschers besteht darin, daß dieser Wärmetauscher die Abgastemperatur zu sehr abkühlt, beispielsweise unter 140 bis 160°C. Dann kann

45 Schnitt durch einen Abgas-Wärmetauscher Quelle: Fa. Tritschler, Aschaffenburg



es passieren, daß Kondenswasser ausfällt und den Schornstein durchfeuchtet; dadurch kann der Schaden durch den Abgaswärmetauscher größer sein als der Nutzen. Wenn der Wärmetauscher des Holzofens zu klein ist, ist es meist vernünftiger und auf längere Sicht wirtschaftlicher, anstelle eines Abgaswärmetauschers einen besseren Ofen zu kaufen.

Der Abgaswärmetauscher lohnt sich nur in seltenen Fällen. Vor einem Kauf sollte ein unabhängiger Heizungsfachmann und der Schornsteinfeger zu Rate gezogen werden.

Wärmetransport und Wärmeträger

Die im Holzfeuer frei werdende Wärmeenergie kann auf verschiedenen Wegen an die zu heizenden Räume übertragen werden,

- durch die unsichtbare, aber fühlbare *Wärmestrahlung,*
- durch *Wärmeströmung* (Konvektion) von heißem Wasser und/oder erhitzter Luft. Die heiße Luft oder das Wasser wirken dabei als Wärmeträger.

Auch der Mensch ist ein kleiner Ofen, allerdings mit einem sehr teuren Brennstoff (kostspielige Nahrungsmittel). 42% seiner Wärmeenergie gibt der Mensch durch Strahlung ab, 26% durch Konvektion - also Erwärmung der Luft. Eine Wärmezufuhr, bei der ebenfalls rund zwei Drittel der Wärme als Wärmestrahlung erfolgt, wird deshalb als besonders behaglich empfunden.
Die *Wärmestrahlung* kann so wenig wie das Licht um die Ecke strahlen. Deshalb sind Öfen mit einer hohen Wärmestrahlung so zu aufzustellen, daß sie in dem zu heizenden Zimmer von allen Punkten aus zu sehen sind. Am besten werden sie gegenüber der Außenwandmitte aufgestellt, weil sie dann diese kalte Wandfläche auf der vollen Breite bestrahlen und erwärmen können. Wärmestrahlung heizt die Zimmerluft, die sie durchdringt, kaum auf, so daß bei reinen Strahlungsheizungen nur geringe Luftbewegungen im Raum auftreten. Dafür werden um so mehr die Gegenstände des Raumes erwärmt, auf welche diese Wärmestrahlung auftrifft. Möbel, Wände fühlen sich warm an, auch wenn die Lufttemperatur vergleichsweise niedrig ist. Heizungen mit hohem Anteil an Strahlungswärme liefern daher eine besonders behagliche Wärme.

Über Warmluftströme, d.h. den *Wärmeträger Luft,* können auch solche Räume geheizt werden, die nicht oder nur unzureichend durch Wärmestrahlung temperiert werden. Um die Luft am Ofen wirkungsvoll aufzuheizen, müssen dort entsprechend große Wärmetauscherflächen und Konvektionsschächte angebracht sein, die von unten den Kaltlufteintritt ermöglichen und oben den Heißluftaustritt vorsehen. Je nach Heizleistung und Größe der Räume ist unter

Umständen ein elektrisches Gebläse erforderlich, damit die Luftumwälzung rasch genug stattfindet.

Bei Warmwasser-Heizungen wird im Kessel zunächst *Wasser als Wärmeträger* aufgeheizt, das sich auch über größere Entfernungen gut im Haus verteilen läßt und seine Energie erst am Heizkörper an die Raumluft abgibt (durch Konvektion und Strahlung).

Hinweise auf die Güte der Holzverbrennung

Welche Folgerungen ergeben sich für eine optimale Holzverfeuerung?

- Der Brennstoff Holz muß so wenig Feuchtigkeit wie möglich enthalten, deshalb muß das Brennholz gut gelagert werden, damit es garantiert lufttrocken in den Ofen kommt.
- Eine ausreichende Sauerstoffzufuhr muß gesichert werden. Der ideale Ausbrand der Holzgase wird nur erreicht, wenn rund 1,7 mal soviel Luftsauerstoff zugeführt wird, wie nach dem Gewichtsverhältnis der chemischen Verbindung erforderlich wäre.
- Zu viel Luftüberschuß führt zu

a) zu hohen Zuggeschwindigkeiten. Dadurch wird der Ausbrand zum Teil ins Rauchrohr hineingezogen.
b) Energieverlust, weil zu viel Luftstickstoff und nicht benötigter Luftsauerstoff mit erwärmt werden muß.
c) Abkühlung der Gaszüge des Ofens.

- Das Holzgas muß mit der sauerstoffreichen Luft gut - also gleichmäßig - durchmischt werden,
- Eine hohe Brennkammertemperatur um 700 bis 1000°C muß erzielbar sein. Nur bei dieser hohen Temperatur ist eine vollständige Zersetzung (Pyrolyse) der Holzgasbestandteile gesichert.
- Die Brennkammer muß ausreichend groß sein, damit das langflammige Holzgas gut ausbrennen kann.

Woran ist eine gute Holzverbrennung zu erkennen?

Eine gute Verbrennung läßt sich an folgenden Erscheinungen erkennen:

- Feine weiße Asche zeigt eine saubere Verbrennung.
- Dunkler Holzrauch weist auf eine schlechte Verbrennung hin.
- Holzruß ist nicht ausreichend verbranntes Holz.

• Glanzruß: wenn der im Holzrauch enthaltene Holzteer an kalten Ofenwänden sich niederschlägt und schließlich einbrennt, entsteht lackähnlicher »Glanzruß«. Glanzruß behindert den Wärmeübergang, er isoliert. Ein Millimeter Ruß im Wärmetauscher soll den Wirkungsgrad des Wärmetauschers und damit des Ofens um fast 10% senken und die Abgastemperatur um bis zu 60°C erhöhen.

• Der Rauch am Schornsteinkopf sollte zumindest zunächst unsichtbar sein. Wenn der Rauch im Abstand zum Schornsteinkopf zu weißem Nebel wird, ist dies nicht schlimm; kommt er schon als weißer Nebel aus dem Schornsteinkopf heraus, ist der Taupunkt des Rauches bereits im Kamin überschritten, es kommt daher zur schädlichen Vernässung des Schornsteins.
Beim Anheizen wird der Taupunkt eine kurze Zeit lang immer unterschritten. Dies führt aber zu keinen Folgen, da beim längeren Heizbetrieb die Feuchtigkeit abtrocknet und mit dem Rauch ins Freie gebracht wird.

• Beim Eintritt des Rauchgases in den Schornstein soll es mindestens 125°C heiß sein, besser 140 bis 160°C. Beim Austritt des Rauchgases aus dem Schornstein soll es noch mindestens 60°C heiß sein. Bei gut lufttrockenem Holz können auch schon 50°C genügen; wenn die Rauchgastemperatur jedoch darunter liegt, wird der Kondensationspunkt unterschritten.

Zu heißer Rauch führt zu Energieverlusten, zu kalter Rauch zu Kaminschäden.

Rußfolgen sind
• Leistungsabfall des Wärmetauschteiles. Das Rauchgas bleibt deshalb heißer, die Energieverluste steigen.
• Der Kaminquerschnitt setzt sich zu, der Kaminzug sinkt.
• Ärger mit den Nachbarn, weil diese der stinkende Rußrauch stört. Im schlimmsten Fall droht Anzeige bei der zuständigen Behörde und Verwendungsverbot des Holzofens.

Schornsteinbrand. Bei großer Hitze und ausreichend Sauerstoffzug kann sich der im Schornstein abgelagerte brennbare Ruß entzünden. Bis zu viermal im Jahr muß ein Holz-Zentralheizungskamin daher geputzt werden. In einer Wasserheizung kann der Ruß teilweise ausgebrannt werden, indem die Kesseltemperatur einige Stunden auf Maximaltemperaturgrenzen erhöht wird, zum Beispiel auf 90°C.

Tabelle 10: Ärger mit der Holzheizung und mögliche Ursachen

Diesen Ärger haben Sie mit Ihrer Holzheizung	Dies könnte eine mögliche Ursache sein	Auf diesen Seiten finden Sie Hinweise zum Problem
Das Holz entzündet sich nicht	- Holz ist zu dick - Holz ist zu feucht - Die Luftzufuhr ist zu schwach - Der Schornstein ist zu kalt	Seite 50 bis 51 Seite 39 bis 44 Seite 54 bis 55 Seite 51
Holz brennt nicht mit lodernder Flamme, es schwelt vor sich hin oder geht gar aus	- Holz ist zu feucht - Die Luftzufuhr ist zu schwach - Rauchgaszüge im Ofen, Ofenrohr - oder Schornstein sind verrußt - Brennkammer zu klein oder zu kalt	Seite 39 bis 44 Seite 52 - 53 Seite 56, 65 bis 67 Seite 63 bis 65
Rauch stinkt nach Holzessig Verbrennung unvollständig Glanzruß bildet sich	- Holz ist zu feucht - Die Luftzufuhr ist zu schwach - Brennkammer zu klein oder zu kalt	Seite 39 bis 44 Seite 54 bis 55 Seite 63 bis 65
Der Rauch zieht nicht ab	- Die Luftzufuhr ist zu schwach - Die Rauchgaszüge im Ofenrohr - oder Schornstein sind verrußt - Schornsteinquerschnitt zu klein - Sturm drückt auf den Kaminkopf	Seite 54 bis 55 Seite 56, 65 bis 67 Zugverstärker einbauen Windschutz aufbauen
Es entsteht zuviel Ruß oder Glanzruß	- Holz ist zu feucht - Luftzufuhr ist zu schwach - Brennkammer zu kalt oder zu klein	Seite 39 bis 44 Seite 54 bis 55 Seite 63 bis 65 Abbürsten des Belages. Im Fachhandel erhältliche Mittel erleichtern die Arbeit
Obwohl das Feuer stark brennt, wird es nicht warm	- Der Zug ist zu stark	Zugbremse einbauen
Es brennt zu schnell ab	- Zug ist zu stark - Holz ist zu fein gespalten - Der Rost ist zu groß, weshalb - unverbrannte Holzkohlestücke - in den Aschenkasten fallen	Zugbremse einbauen Dickere Holzstücke verw. Kleineren Rost einbauen
Eine Stelle des ausschamot-tierten Ofens wird sehr heiß	- Die Schamotteausmauerung - ist beschädigt	Ofenbauer rufen
Schornstein versottet, wird naß	- Holz ist zu feucht - Luftzufuhr ist zu schwach - Die Rauchgase sind zu kalt - Der Schornstein ist nicht - ausreichend isoliert	Seite 39 bis 44 Seite 54 bis 55 Seite 56, 60 Schornstein isolieren Anlage vom Schornsteinfeger prüfen lassen
Schornsteinbrand	- Ursachen wie bei zuviel Ruß	

Fragen Sie bei Problemen den für Ihren Bereich zuständigen Bezirksschornsteinfeger

Grundsätzliches über Holzöfen

Die Brennprinzipien der Holzöfen

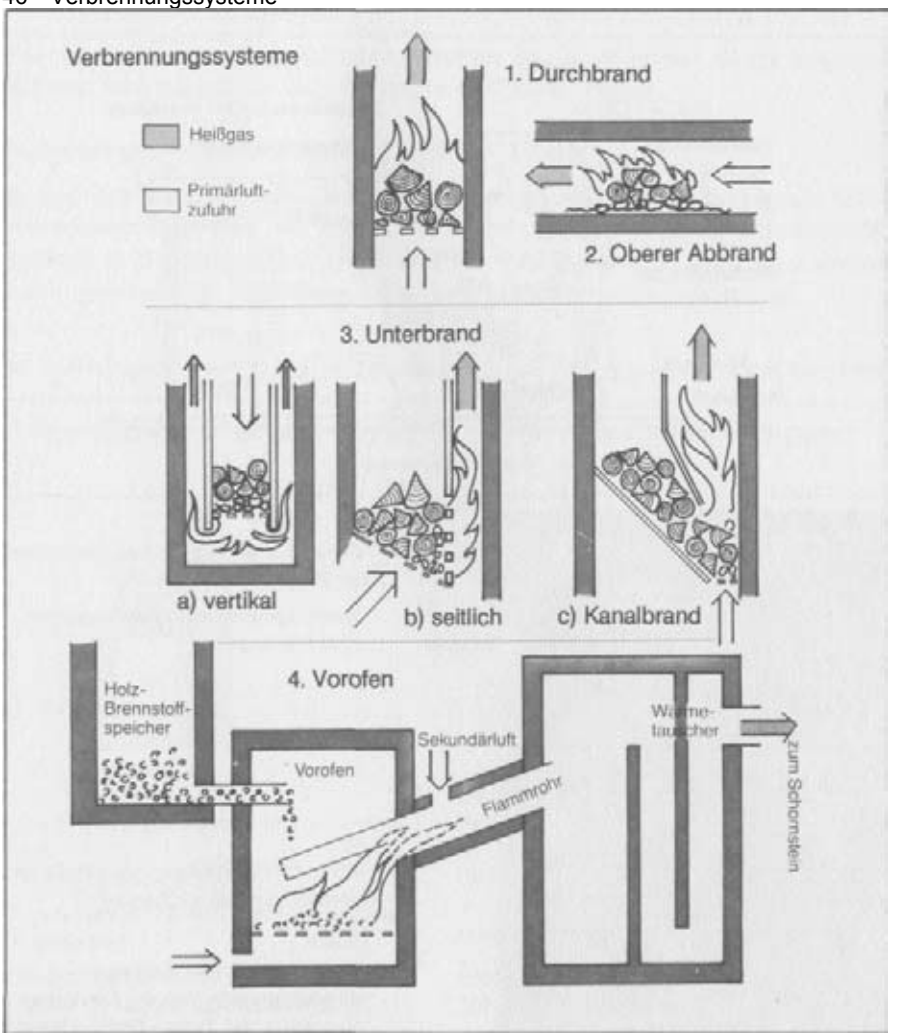
Jeder Ofen, der die im Holz steckende Heizenergie gut ausnützt, besteht aus drei Teilen:

- dem Holzvorratsbehälter oder Holzspeicher,
- der Brennkammer zum Holzgasausbrand,
- dem Wärmetauscher, in welchem die Energie der heißen Holzgase aus dem heißen Rauchgas herausgeholt wird.

Beim *Durchbrandofen,* einem Kohleofen, sind Speicherraum und Brennraum nicht getrennt. Die Verbrennungsluft strömt von unten durch das brennende Holz hindurch. Rund 60% des Holzgewichtes werden bei einer Temperatur von 300 bis 400°C zu Holzgas. Diese Temperatur wird im Durchbrandofen an einer zu großen Holzmenge fast zur gleichen Zeit erreicht. Innerhalb weniger Minuten werden damit 60% des Brennstoffes als brennbares Gas freigesetzt. Diese große Menge brennbares Gas übersteigt die Brennerleistung, so daß unvollständig verbranntes Holzgas den Ofen verläßt. Schlechte Brennstoffausnüt-zung sowie größere Mengen an Ruß und Teer im Rauch sind die Folgen. Beim *oberen Abbrand,* wie er im Kachelgrundofen üblich ist, ist die Situation deshalb nicht ganz so kritisch, weil der Kachelgrundofen sehr lange Rauchgaszüge aufweist, in denen das Holzgas relativ viel Zeit zum Ausbrennen hat und weil nach der Anheizphase die ausschamottierte Brennkammer eine vergleichsweise hohe Temperatur erreicht. Das Oberbrand-Holzfeuer ohne Rost - im Aschenbett - wird auch deshalb günstiger beurteilt als das Holzfeuer im Durchbrandofen, weil der Holzkohlenabbrand länger anhält. Mit viel Asche im Grundofen kann die Abbrandgeschwindigkeit der Holzkohle verlangsamt werden, mit wenig Asche wird sie beschleunigt.
Besser ist der *Unterbrandofen* oder der *seitliche Unterbrand-* beziehungsweise *Kanalbrandofen.* Bei diesen Ofensystemen ist der Holzspeicher von der Brenn-kammer ausreichend getrennt. Das Holz im Füllschacht rutscht von selbst nach, wenn das unten liegende Holz zu feiner Asche verbrannt ist. Das Feuer wird also dank der Schwerkraft vollautomatisch mit dem notwendigen Brennstoff versorgt. Wichtig ist allerdings, daß das Holz so kurz gesägt ist, daß es nicht verklemmen kann.
Vollkommen getrennt sind die einzelnen Teile bei der *Vorofenfeuerung.* Bei Voröfen mit darüberliegendem Brennstoffbehälter muß beim Nachfüllen durch einen Doppelverschluß mit gegenseitiger Verriegelung gesichert sein, daß stets nur eine Klappe geöffnet ist, damit kein Rückbrand aus der Brennkammer erfolgt.

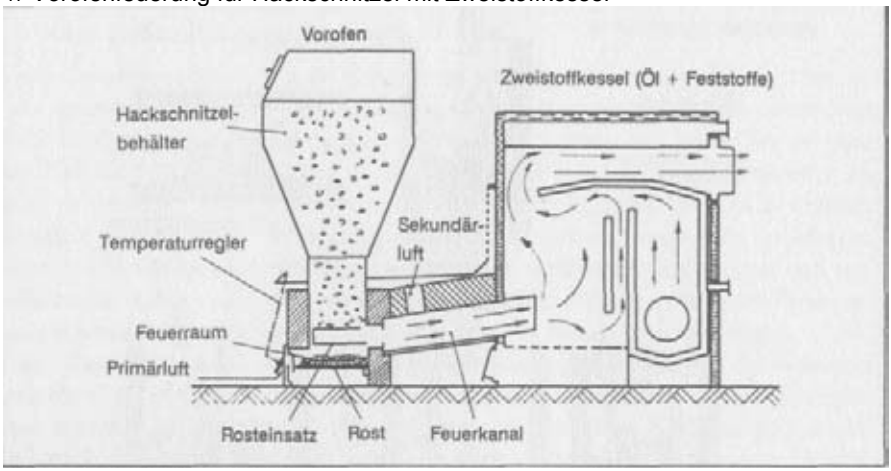
In der meist keramisch ausgekleideten Brennkammer eines Vorofens entwik-kelt sich eine sehr hohe Hitze, die eine vollständige Primärverbrennung, also Holzvergasung ermöglicht. In der Brennkammer verbrennt die Holzkohle und ein Teil des Holzgases. Die Sekundärverbrennung - also die abschließende Verbrennung des Holzgases - erfolgt im Gasrohr der Brennkammer unter Zu-fügung von Sekundärluft. Die gesamte Verbrennungsluftzufuhr wird durch ein Gebläse gesteuert.

46 Verbrennungssysteme



Der Vorofen wird meist sehr heiß, weshalb alle Bedienungselemente gut isoliert sein müssen, sonst verbrennt man sich beim Bedienen. Es ist zweckmäßig, an diesen Öfen nur mit Handschuhen zu arbeiten. Die Wärmeverluste in den Raum, in dem der Vorofen steht, sind erheblich. Deshalb sollte der Vorofen so aufgestellt werden, daß diese Wärmeverluste nutzbringend in die Gebäudeheizung eingebracht werden können (zum Beispiel unter oder zwischen dem Wohnbereich). Ein guter Schornsteinzug ist gerade für den Vorofen sehr wichtig, sonst muß ein Rauchgas-Saugzuggebläse eingebaut werden. Bisher werden Voröfen nur als Hackschnitzelfeuerungen eingesetzt.

47 Vorofenfeuerung für Hackschnitzel mit Zweistoffkessel



48 Vor einen Heizkessel geschalteter Vorofen für Hackschnitzel

Wirkungsgrad eines Holzofens

Im Regelfall nützt ein Ofen mit klarer Gliederung in Holzspeicher, Brennkammer und Wärmetauscher die im Holz steckende Energie am besten aus. Weil reine Kohle (fast) ohne Flamme verbrennt, Holz jedoch ein besonders flammenreicher Brennstoff ist, muß ein Holzofen ganz andere Eigenschaften als ein klassischer Kohleofen besitzen.
Der Holzofen-Wirkungsgrad ist ein Maß für die Eignung des Ofens für Holzbrennstoffe:

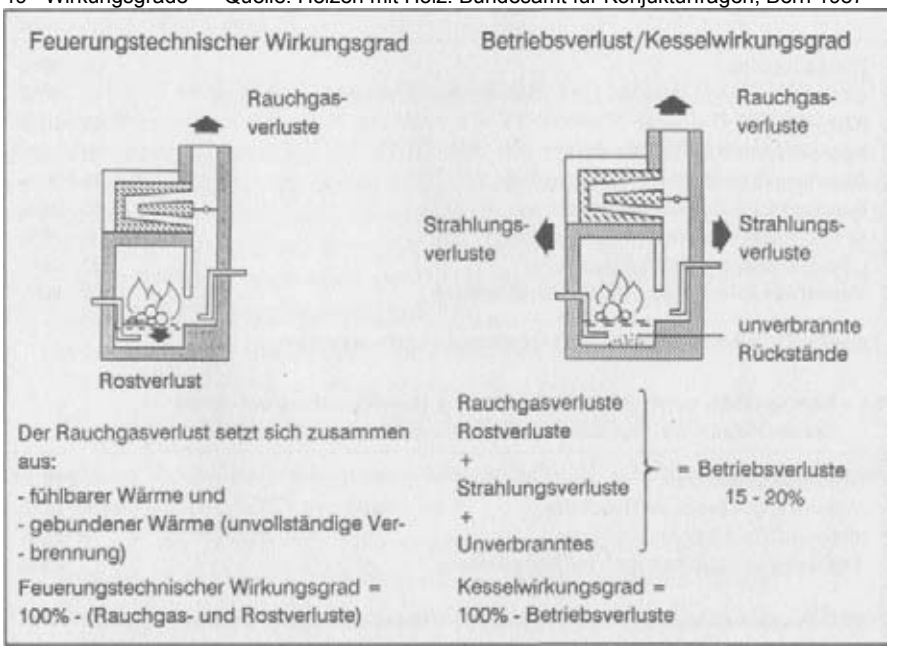
Holzofen-Wirkungsgrad = (Nutzwärme/Holzenergieeinsatz) x 100%

Die im eingesetzten Holz enthaltene Energie ist immer größer als die nutzbare Wärme, weil jeder Ofen auch Wärmeverlustquellen besitzt.

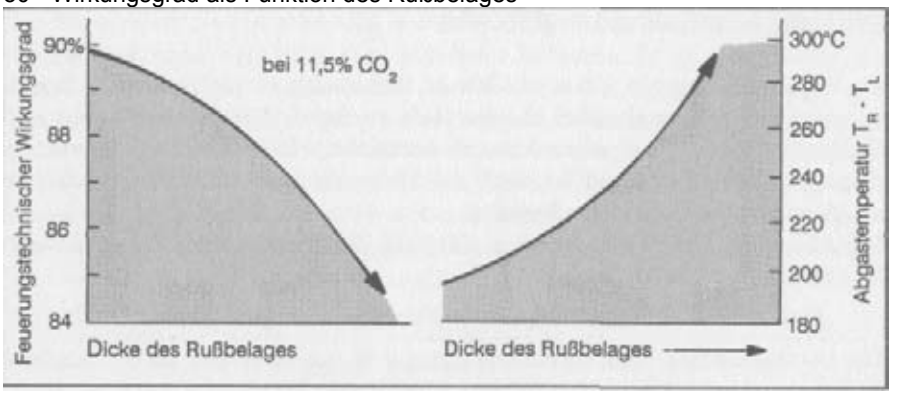
Nutzwärme = Holzenergieeinsatz – Wärmeverluste

Je niedriger diese Wärmeverluste sind, desto höher ist der Wirkungsgrad. Wärmeverlustquellen sind die heißen Rauchgase (Abgasverluste), unvollständig verbrannte Holzbestandteile (Ruß) und die Wärmeabgabe in den Heizraum beziehungsweise beim Warmwassertransport (durch schlechte Isolierung).

49 Wirkungsgrade Quelle: Heizen mit Holz. Bundesamt für Konjukturfragen, Bern 1987



50 Wirkungsgrad als Funktion des Rußbelages



Die von den Ofenherstellern genannten Wirkungsgrade werden ermittelt im Nennwärmeleistungsbereich des Ofens, mit sauberen Wärmetauschflächen, richtigem Schornsteinzug und befeuert mit trockenem Holz. So kommen günstige Werte zustande.
Wie unterschiedlich die Brennstoffausnutzung der verschiedenen Ofentypen ist, zeigt die Spannbreite der Wirkungsgrade üblicher Ofenarten in Tabelle 11.

Offene Kamine	10 - 30%
Offene Kamine mit Kanälen zur Lufterwärmung o. mit Wassertaschen	15 - 50%
Kaminöfen	15-60%
Kachelöfen und Einzelöfen	40 - 75%
Durchbrandkessel ohne Pufferspeicher	40 - 60%
Durchbrandkessel mit Pufferspeicher	50 - 75%
Unterbrandkessel ohne Pufferspeicher	50 - 75%
Unterbrandkessel mit Pufferspeicher	60 - 85%
Vorofenkessel mit automatischer Beschickung	70 - 90%

Tabelle 11: Wirkungsgrade verschiedener Holzfeuerstellen

51 Kenngrößen einer guten Holzfeuerung (handbeschickte Kessel) Quelle: Heizen mit Holz. Bundesamt für Konjukturfragen, Bern 1987

Rauchgastemperatur mittlerer CO_2-Gehalt im Rauchgas mittlerer CO-Gehalt im Rauchgas Strahlungsverluste bezogen auf Nennleistung
< 230'C
mind. 10%
< 0,5%
<2%
Bei automatischen Feuerungen sollten günstigere Werte erreicht werden als oben angegeben.

Was soll beim Holzofenkauf beachtet werden?

Welche Heizleistung ist notwendig?

Grundlage für die zu ermittelnde notwendige Heizleistung ist eine Berechnung des Wärmebedarfs. Das Verfahren für diese Berechnung ist in der Deutschen Industrienorm DIN 4701 (Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden) festgelegt. Um eine entsprechende Berechnung machen zu lassen, müssen Sie folgende Eingangsgrößen zum Fachmann mitbringen:

- Einen Lageplan des Hauses. Ist das Haus dem Wind ausgesetzt? Schützen Nachbargebäude (wie hoch sind diese)? Liegt es an einem Nordhang?
- Grundrisse und Ansichten der Hausgeschosse. Wie groß sind die Fenster und Türen? Wie hoch sind die Räume (vom Boden bis zur Decke)? Wie hoch sind die Geschosse (von Fußboden bis Fußboden)?
- Eine Baubeschreibung. Welche Baumaterialien wurden verwendet (wie hoch ist deren Wärmedurchgangszahl, der k-Wert)? Wie sind Fenster und Türen aufgebaut?
- Nutzungsabsicht. Welchem Zweck sollen die zu beheizenden Räume dienen?

Der Fachplaner berechnet den Wärmebedarf heutzutage meist mit einem Rechenprogramm auf dem PC.

Damit Sie sich eine Vorstellung vom Nennheizbedarf machen können, sollen im folgenden einige Richtwerte genannt und am Beispiel erläutert werden: Über die »Energiebezugsfläche« (EBF) soll der Heizbedarf für eine automatische Holzheizung geschätzt werden. Zur Energiebezugsfläche zählt die gesamte zu beheizende Geschoßfläche, einschließlich der Außenmauern, also auch die indirekt mitgeheizten Bereiche wie beispielsweise Flur und Treppenhaus. Als spezifischer Heizleistungsbedarf pro Quadratmeter Energiebezugsfläche können folgende Werte angenommen werden:

- 45-50 W/m^2 in einem gut gedämmten Neubau,
- 70-90 W/m^2 in einem wärmegedämmten Altbau,
- 90-120 W/m^2 in einem schlecht wärmeisolierten Altbau.

Nach diesen Vorgaben benötigt eine automatische Holzheizanlage, die 190 m^2 Energiebezugsfläche (EBF) versorgen soll:

- 190 m^2 • 50 W/m^2 = 9,5 kW in einem wärmegedämmten Neubau und
- 190 m^2 • 105 W/m^2 = 20 kW in einem schlecht isolierten Altbau.

Anstelle der größeren Heizanlage sollte in letzterem Fall zuerst die Wärmedämmung verbessert werden.

Bei handbeschickten Holzheizungen ist der Betriebsverlauf ungleichmäßiger als bei automatischen Feuerungen, d.h. es treten größere Leistungsschwankungen auf. Um diese auszugleichen, werden solche Heizungen größer ausgelegt. Dazu wird die errechnete Heizleistung mit einem Faktor (z.B. mit 1,5) multipliziert. Sinnvoll ist eine um 20 - 40% höhere Heizleistung, wenn die Heizung mit einem Wärmespeicher (z.B. Wasser- oder Stein-Masse) kombiniert ist. Zuschläge zur errechneten Leistung sind für hohe Räume oder rauere Klimazonen (Höhenlage, exponierte Lage, etc.) notwendig, ebenso wenn die Warmwasserbereitung in die Heizungsanlage integriert ist. Abschläge von der Soll-Leistung sind angebracht, wenn die Holzfeuerung nur als Zusatzheizung gedacht ist.
Lassen Sie sich bei der Beratung vom Fachmann den Berechnungsweg offenlegen!

Holzspeicher

Ist die Fülltür groß, können auch sperrige Holzstücke bequem eingelegt werden und rutschen sie im Schacht sicher nach? Ein enger Holzvorratsspeicher erfordert einen hohen Zurichtungsaufwand, weil dann nur kleingespaltenes Holz verwendet werden kann. Ist der Füllschacht so groß, daß eine größere Menge Holz auf Vorrat eingelegt werden kann?
Läßt sich die Fülltür leicht öffnen und wieder rauchdicht schließen? Kann die Fülltür erst geöffnet werden, wenn durch eine Unterdrucksteuerung gesichert ist, daß keine Flammenrückschläge stattfinden? Ist eventuell eine Rückschlagklappe (Doppelverschluß) vorhanden? Besonders an Holzöfen, in denen trokkene kleingehackte Holzteile verbrannt werden, wie dies in einer Tischlerei der Fall ist, muß eine solche Sicherung vorhanden sein. Je kleiner und je trockener die verfeuerten Holzstücke sind, um so gefährlicher ist ein möglicher Flammenrückschlag.

Aschenkasten

Ist die Aschentür bequem erreichbar, leicht zu öffnen und zu schließen, ist sie rauchdicht? Ist der Aschenkasten groß genug? Sind zwei feuerfeste Aschenkästen vorhanden, damit die Asche stets in einem Aschenkasten 24 Stunden auskühlen kann, bevor der Kasten wieder gebraucht wird?

Reinigungsklappen

Sowohl am Brennkammerraum als auch an den Wärmetauschflächen müssen genug gut erreichbare, zuverlässig zu öffnende und wieder zu schließende Reinigungsklappen vorhanden sein, damit sowohl der Brennraum als auch die Wärmetauschflächen leicht gereinigt werden können. Diese Reinigungsklappen kosten Geld und fehlen deshalb an billigen Öfen.

Luftsteuerung

Ist eine temperaturgesteuerte Luftzufuhr vorhanden? Ist ein temperaturgesteuerter Rauchgasbypass vorhanden, der beim Anheizen einen direkten Gasabzug zum Schornstein freigibt?

Weitere Merkmale eines guten Ofens

Ist der Brennraum so gestaltet, daß er eine hohe Brennkammertemperatur sicherstellt (zum Beispiel ausschamottiert, eventuell zusätzlich mit Edelstahlblechen oder keramisch ausgekleidet)? Sind alle heißen Teile besonders korrosionsgeschützt (zum Beispiel emailliert, keramisch ausgekleidet, aus Edelstahl oder ähnliches)? Können die dem Verschleiß unterliegenden Teile leicht ausgetauscht werden? Sind die zur Reinigung notwendigen Geräte vorhanden?

Aufstellen eines Holzofens

Vorteilhaft sind:

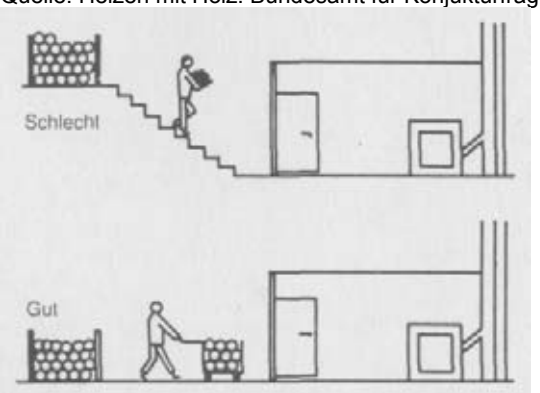
- Die Nähe des Schornsteins.
- Die Nähe zum Wärmeverbraucher, da dann geringe Wärmetransportverluste eintreten.
- Kurze Wege vom Lagerplatz des Holzes zum Ofen. Stufenlose Wege, damit für den Holztransport und für den Aschenwegtransport Schubkarren verwendet werden können.
- Die Holzeinfülltür muß gut zugänglich sein.
- Gute Zugänglichkeit des Aschenkastens.
- Gute Zugänglichkeit der Reinigungsklappen.

Die Mindestabstände zu den Bauteilen sind gesetzlich vorgeschrieben und müssen eingehalten werden.

Bedienungsaufwand und Architektur

Durch geschickte architektonische Gestaltung kann der Bedienungsaufwand von Holzheizungen im Rahmen gehalten werden.

Quelle: Heizen mit Holz. Bundesamt für Konjukturfragen, Bern 1987



Die verschiedenen Holzofentypen

Zimmerofen, Einzelofen

Die Einzelraumbeheizung hat den Vorteil, daß nur der genutzte Wohnraum erwärmt wird und keine zusätzlichen Wärmeverluste durch den Wärmetransport und einen separaten Heizraum auftreten. Nachteilig ist dagegen der gegenüber modernen Holzheizkesseln schlechtere feuerungstechnische Wirkungsgrad der Öfen.
Da Einzelöfen in der Regel an der Innenwand eines Wohnraumes stehen (in der Schornsteinnähe), kann dies im Zimmer zu einer unangenehmen Luftzirkulation führen. Am heißen Ofen steigen die erhitzten Luftteile auf. Die heiße Luft hängt unter der Decke. Dafür sinkt beim kalten Fenster auf der gegenüberliegenden Seite die Kaltluft auf den Boden. Eine Warm/Kaltluft-Zirkulation setzt ein, bei der es kalte Füße für die Bewohner gibt. Wenn die Räume niedrig sind, ist der Kopf dafür im heißen Luftstrom.
Diese unangenehme Luftzirkulation bildet sich, wenn

- der Ofen wenig Strahlungswärme abgibt und vorwiegend durch Lufterhitzung heizt,
- und/oder eine zu schlechte Außenwand/Fensterisolierung vorhanden ist.

Eine starke Wärmeabstrahlung kann den Effekt dieser Temperaturschichtung verringern. Die Strahlungswärme kann jedoch nur wirken, wenn der Ofen von

53
Ein Zimmerofen für Holzfeuerung
Quelle: Jotul GmbH, Postfach 1449, 6806 Viernheim

54 Nachbau eines alten Kaminofens
Quelle: Dr. Lange GmbH,
An der Henkenmühle 14, 4060 Viersen 11

55 Kachelofen als Einzelzimmerofen
Quelle: Rink-Kachelofen GmbH
Am Klangstein 18, 6342 Haiger 2

allen Punkten im Zimmer aus zu sehen ist. In den Sommermonaten und in der Übergangszeit kann bei Wärmebedarf mit einem Einzelofen nur das bewohnte Zimmer beheizt werden, das Warmwasser wird dann zweckmäßigerweise in einem Elektroboiler oder einer Solaranlage erzeugt. Dadurch sinken die Bereitschaftsverluste. Während die Leistung eines Heizkessels knapp ausgelegt werden sollte, kann ein Zimmerofen wenigstens den errechneten Raumwärmebedarf als Nennheizleistung aufweisen. Ein so dimensionierter Ofen heizt schneller auf und braucht deshalb in der Übergangszeit erst am Abend, wenn die Familie nach Hause kommt, in Betrieb genommen zu werden.

Küchenherd

Noch vor 50 Jahren wurde in vielen Wohnungen an den Wochentagen in der großen Küche gewohnt. Auf dem Kochherd wurde das Essen gekocht und die Abfallwärme heizte die Küche. Heute sind Holzkochherde meist nur Beistellherde als eine Energie-Rückversicherung in ländlichen Küchen. Manche Holzkochherde enthalten ein Rohrregister mit Wasser. Das heiße Wasser im Rohrregister kann zum Heizen eines weiteren Raumes oder zur

56 Küchenherd als Kachelofen in Kombination mit einem Elektroherd
Quelle: HAGOS Verbund deutscher Kachelofen- und Luftheizungsbauerbetrieibe eG, Postfach 805060, 7000 Stuttgart 80

Brauchwassererwärmung verwendet werden. Damit das Feuer möglichst nahe an der Kochplatte ist, ist der Kochfeuerraum niedrig. Wenn im Winter überwiegend die Küche geheizt werden soll, kann der Rost umgeklappt oder auf das Winterrost-Niveau abgesenkt werden. Dadurch wird der Feueraum grösser.
In einem unter dem Herd untergebrachten auf Rollen laufenden Holzvorratsbehälter wird das schon lufttrockene Brennholz zusätzlich getrocknet.

Kaminfeuer erwärmen Herz und Gemüt

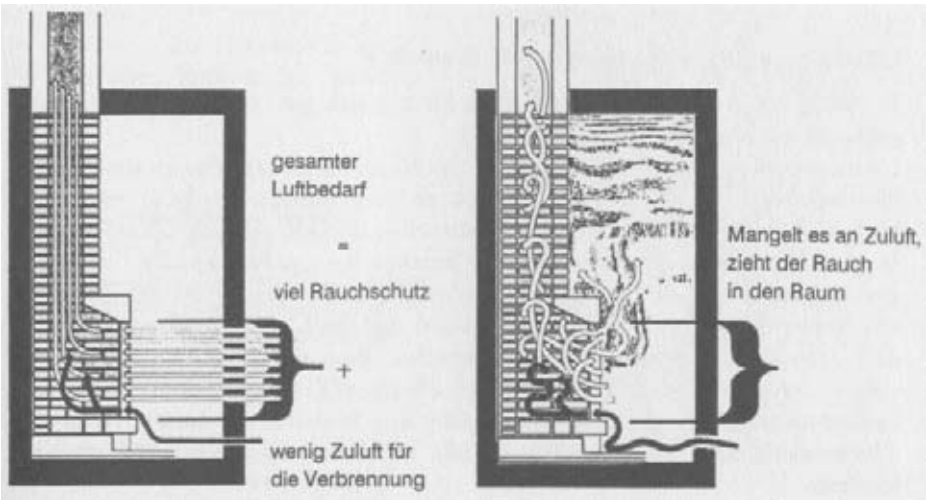
Bei offenen Kaminen muß ein ständiger starker Luftstrom auf die ganze Kaminöffnungsfläche einströmen und durch den Schornstein abziehen können. Dieser Gegenwind verhindert, daß Rauch ins Kaminzimmer dringt. Weil so in der Stunde das Mehrfache der gesamten Zimmerluft durch den Kamin ins Freie strömt, ist der offene Kamin eigentlich mehr eine leistungsstarke Frischluftanlage als ein Ofen. Wegen des schlechten Wirkungsgrades hat der Gesetzgeber bestimmt, daß offene Kamine »nur gelegentlich betrieben werden« dürfen.

Andere Brennstoffe als naturbelassene Holzstücke sind in offenen Kaminen in der BR Deutschland verboten. Dies gilt auch für Kaminöfen mit offenem Feuerraum. So dürfen Braunkohlenbriketts beispielsweise in Kaminöfen nur dann verheizt werden, wenn die Feuerraumtüren geschlossen sind und die Wärmeabgabe überwiegend durch Luftumwälzung erfolgt. Obwohl der Wirkungsgrad und damit die Heizleistung gegen den offenen Kamin spricht, wird er immer Anhänger haben: So wie sich über viele Jahrtausende hinweg die menschlichen Artgenossen um das offene Lagerfeuer sammelten, sitzt der im Computerzeitalter lebende Mensch auch heute wieder gern um offenes Holzfeuer. Fesseln uns uralte, in unergründlichen Tiefen verborgene Erinnerungen im Angesicht des Holzfeuerscheines? Erinnert uns die flak-kernde Holzflamme, das knisternde Feuer an urvertraute Stunden?

Beim Kauf Ihres offenen Kamins sollten Sie beachten:

- In einem Raum, in dem ein offener Kamin steht, darf kein anderer Holzofen - also auch kein Kachelofen - betrieben werden.
- Offene Kamine brauchen immer einen eigenen Schornstein.
- Die Feuerraumöffnung soll in einem ausgewogenen Verhältnis zum Wohnraumvolumen stehen (zum Beispiel bei einem Wohnraumvolumen von 70 m^3 soll die Kaminöffnung maximal 0,4 m^2 groß sein).
- Die Rückwand und schräg stehende Seitenwände aus Guß reflektieren Strahlungswärme in den Wohnraum.

57 Der offene Kamin braucht gemessen an der Zuluft für die Verbrennung ein Vielfaches an Rauchschutzluft.



58

Offenes Kaminfeuer
fasziniert
Quelle:
Jotul GmbH, Postfach 1449,
6806 Viernheim

Ein guter offener Kamin erwärmt die von außen einströmende Frischluft bevor sie in den Wohnraum gelangt. Die Frischluft wird hinter den heißen Rauchgasabzügen und hinter den heißen Rückwand- und Seitenwandplatten des Feuerraumes entlanggeführt, bevor sie erhitzt in den Wohnraum gelangt. Schließlich gibt es Wasserbehälter, die in die Rück- oder Seitenwände des offenen Kamins eingebaut sind und über die Warmwasser bereitet oder die Heizungswärme für einen Warmwasserheizkörper gewonnen werden kann.

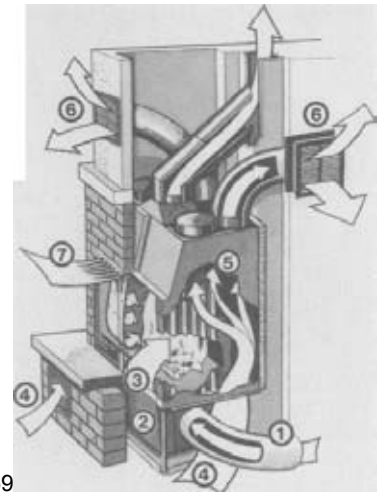
Offene Feuer brauchen besonderes Brennholz

In einem guten Holzofen brennt jedes Holz gleich gut. Für offene Feuer hingegen ist nicht jedes Holz geeignet.

Unerwünschter Funkenflug. Das Holz der Nadelbäume läßt das im Inneren des Holzscheites entstehende Holzgas nicht so leicht heraus. Im heiß werdenden Holzstück kann deshalb ein hoher Gasdruck entstehen, der sich schließlich den Weg nach außen freisprengt. Bei dieser knisternden und knackenden Gasexplosion werden glühende Holzteile abgesprengt und aus dem Feuer geschleudert. Der Funkenflug kann für Teppiche, Möbel und die Kleidung der vor dem Kamin sitzenden Menschen gefährlich werden. Wer auf das knisternde Feuertemperament von Nadelholz nicht verzichten will, sollte deshalb mit einem Funkenschutzglas oder Funkenschutzgitter den Wohnraum vor dem Feuer abschirmen. Fichten- und Tannenholz rußt im offenen Kamin weniger als Kiefernholz.

Heiße Flammen. Das Holz der Laubbäume läßt das sich im Inneren der abbrennenden Holzscheite bildende Holzgas leichter entweichen. Holzgefügesprengungen mit Funkenflug sind deshalb seltener. Ein gelegentlich knisterndes, viel Strahlungsenergie lieferndes Kaminfeuer kann mit Eichen-, Eschen-, oder Robinienholz versorgt werden. Am ruhigsten verbrennt das Holz der Buchen, der Obstbäume, vom Ahorn und Birkenholz.
Je heißer das Feuer, um so schneller entwickelt sich in einem aufgelegten Holzscheit viel Holzgas. Kann dieses viele Holzgas nicht schnell genug aus dem Holzstück heraus, dann gibt es auch beim Laubbaumholz Funkenflug. Weil der Aufbau vom Holz der Bäume so individuell ist wie das Aussehen von uns Menschen, ist die Natur stets für Überraschungen gut: Ein offenes Kaminfeuer sollte deshalb nie ohne Aufsicht bleiben.
Ausgewähltes Holz für das Kaminfeuer. Birkenholz ist wegen seiner weißen Rinde ein beliebtes Kaminholz. Andere Holzarten sind jedoch genauso geeignet fürs Kaminfeuer wie Birkenholz. Diese Erkenntnis hat eine begeisterte Anhängerin des offenen Feuers literarisch verewigt: Die berühmte französische Romanschriftstellerin Sidonie-Gabrielle Colette (1873-1954) schrieb in »La Retraite Sentimentale«:
»Ich lese oder spiele mit dem Feuer..., ich rüttle die Glut...,
ich wähle die Scheite im Kasten, wie man seine Lieblingsbücher wählt!«
Damit Sie es genauso machen können, müssen Sie sich mit mehreren Holzarten eindecken. Eine mögliche Auswahl kann so aussehen:

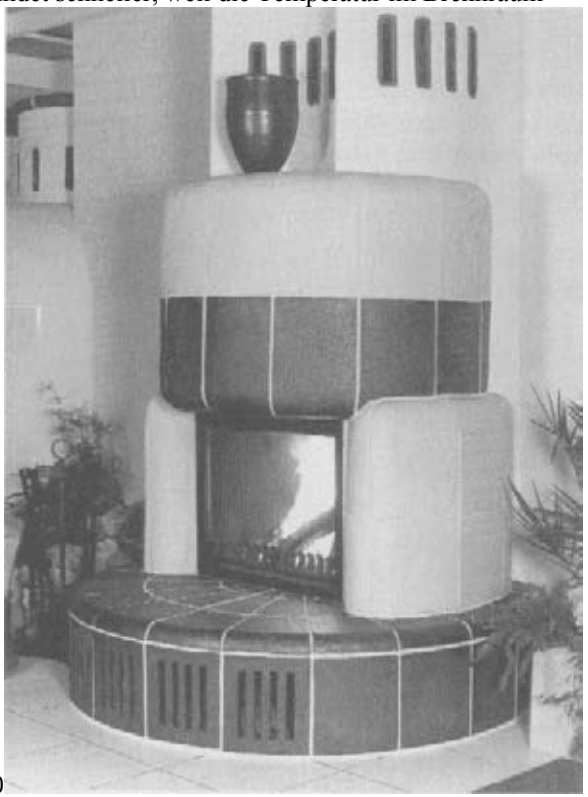
- Birkenholz der schönen Rinde wegen,
- Buchenholz (oder Ahorn- bzw. Obstbaumholz) der Wärme zuliebe,
- Eschen- oder Eichenholz für die lebhaften, knisternden Flammen.



59
Warmluftkreislauf eines modernen Kamins bzw. Kaminofens Der Frischluftkanal (1) bringt Luft von außen; Verbrennungs- (3) und Rauchschutzluft (7) werden dem Feuer optimal zugeführt; die Raumluft (4) wird an den heißen Kaminwänden erwärmt und kann auch in Nachbar-Räume geleitet werden.

Kaminofen

Ein Kaminofen ist ein offener Kamin mit Türen, um den Feuerraum zu schlies-sen. Die in die Wand eingebauten Kaminöfen (auch Warmluftkamine genannt) ähneln mehr einem offenen Kamin, die freistehenden Kaminöfen erscheinen eher als Ofen.
Wird der Feuerraum mit den Türen geschlossen, sinkt der Warmluftabfluß aus dem Wohnraum, dadurch steigen Wirkungsgrad und Heizleistung stark an. So ist der Kaminofen das Ergebnis einer romantischen Vernunft: Mit offenen Türen kann die Faszination des offenen Holzfeuers eingefangen werden, mit geschlossenen Türen wird der Brennstoff Holz besser ausgenutzt und eine höhere Heizleistung erzielt. Mancher Besitzer eines technisch zu einfachen und deshalb schlecht heizenden offenen Kamins hat sich deshalb schon einen Kaminofen als Heizeinsatz in den Feuerraumbereich des offenen Kamins einbauen lassen. Beim Anheizen wird die Feuerraumtür solange geschlossen, bis das Feuer richtig brennt. Der Holzstoß zündet schneller, weil die Temperatur im Brennraum

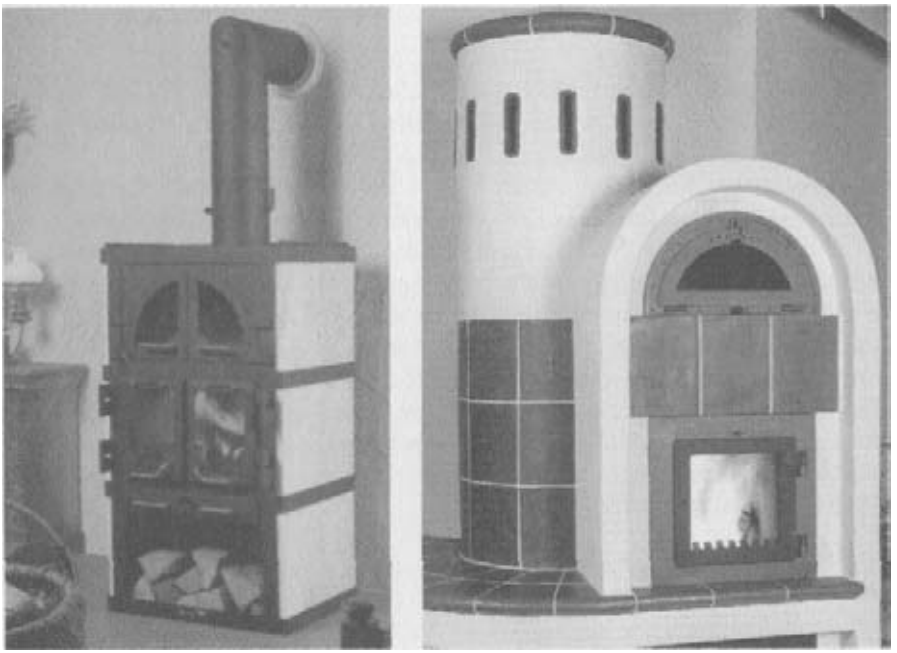


60

61

Dieser »Kachelofen« ist technisch ein Heizkamin.

Durch einen Kaminofen-Einsatz kann der schlechte Verbrennungswirkungsgrad eines offenen Kamins wesentlich verbessert werden.



62 Diese handliche Form des Kaminofens erfreut sich großer Beliebtheit
Quelle: Jotul GmbH,
Postfach 1449, 6806 Viernheim
63 Ein Kachelofen-Heizeinsatz (hier mit 2-stufiger Verbrennungsführung) läßt vielfältige Formen von Kachelöfen zu.
Quelle: Openfire Rösler Kamine GmbH, Behringstr. 1-3, 6072 Dreieich-Offenthal

rascher ansteigen kann. Wenn das Feuer richtig brennt, ist ein ungetrübter Genuß des Flammenspiels vom Holzfeuer durch Öffnen der Türen möglich. Soll nach den gemütlichen Kaminstunden der Rest des Feuers ohne Aufsicht herunterbrennen, werden die Feuerraumtüren wieder geschlossen, zumal mit geschlossenen Türen die Wärme länger im Wohnraum bleibt. In die Wand eingebaute Kaminöfen brauchen eine technisch ausgereifte Warmluftumwälzung, damit auch die in die Wand abgegebene Wärme in den Wohnraum geführt wird. Frei stehende Kaminöfen haben diese Probleme nicht. Sie geben ihre Wärme rundum in den Wohnraum ab.

Gußeiserne Feuerraumtüren sind robust und strahlen die Wärme gut ab. Türen aus feuerfestem Glas machen auch bei geschlossenem Ofen das Feuer sichtbar, verschmutzen jedoch leicht, verziehen sich eher, klemmen dann oder brechen gar. Kaminöfen mit Warmhaltefach können zum Rösten der Bratäpfel oder zum Wärmen der Speisen genutzt werden. Wenn Sie den Kaminofen mit offenen Feuerraumtüren betreiben, sollten Sie sich an die Kaminholzhinweise halten.

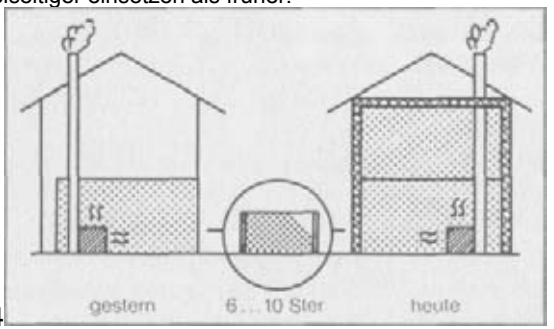
Kachelofen

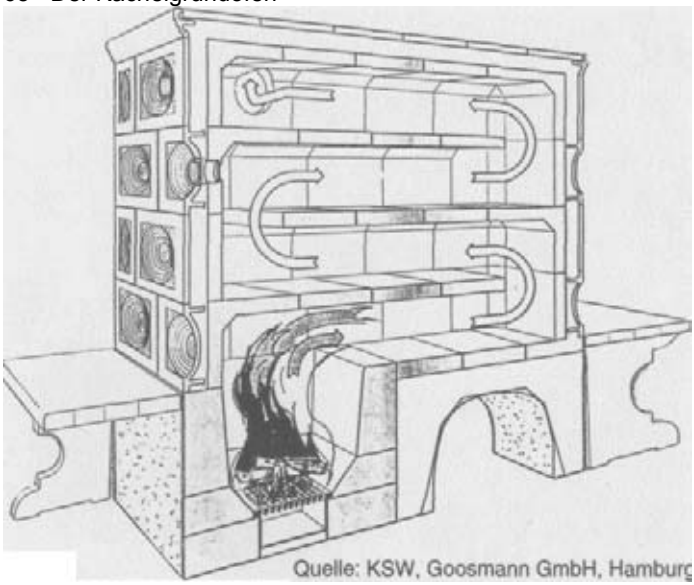
Fast jeder Ofentyp mausert sich zum Kachelofen, wenn man ihn mit Kacheln verkleidet. Wer deshalb wissen will, welche Eigenschaften ein Kachelofen hat, der muß unter das Kachelkleid schauen.
Die gebrannten Tonkacheln leiten Wärme langsamer als Metall. Dadurch verbrennt man sich an den heißen Kachelwänden nicht so schnell die Hände. Der gute Ruf des Kachelofens rührt von seinem hohen Strahlungswärmeanteil her und dieser ist eine Folge der großen, dem Raum zugewandten Ofenoberfläche. Deshalb darf daran nicht gespart werden. Soll die Strahlungswärme richtig zur Geltung kommen, muß der Ofen überall im Zimmer sichtbar sein, denn nur dorthin, wo er zu sehen ist, kann auch die Wärmestrahlung gelangen. Empfehlenswert sind Frischluftkanäle zum Ofen, durch welche die als Ersatz für die Verbrennungsluft notwendige Frischluft von außen einströmend in der Kachelwand erwärmt wird, bevor sie in Bodennähe als Warmluft in den Wohnraum gelangt.

Kachelgrundofen

Wie die ursprünglichen Kachelöfen ist der Grundofen noch heute ein aus Stein gemauerter irdener Ofen. Rund eine Tonne wiegt so ein Schwergewichtler. Diese große Masse führt zu einer hohen Wärmespeicherkapazität. Eine hohe Speicherkapazität bedeutet aber zugleich auch, daß es lange dauert, bevor ein kalter Ofen warm geheizt ist und damit genug Wärme in den Raum abgibt. Dann allerdings strahlt der Ofen noch eine Zeit lang Wärme ab, nachdem das Feuer längst erloschen ist. Deshalb sind Grundöfen für ständig zu beheizende Räume geeignet. Ein kurzes Aufheizen am Abend ist bei diesen schweren Öfen nicht sinnvoll. Mit einem deutlich »abgespeckten« und damit leichteren gemauerten Kachelgrundofen werden die Nachteile des Übergewichts vermieden. Diese leichten Kachelöfen nach dem Grundofenprinzip gewinnen zunehmend Freunde.

Wärmedämmung spart Energie Bei gutem Wärmeschutz lassen sich heute Einzelöfen vielseitiger einsetzen als früher.





Der Kachelgrundofen ist in der Regel eine Feuerstätte mit oberem Abbrand beziehungsweise horizontalem Durchbrand. Diese Feuertechnik ist für das Holz ein wenig besser geeignet als die vertikale Durchbrandtechnik der Kohleöfen. Die Holzkohleabbrandgeschwindigkeit kann über die Regelung des Aschevolumens gesteuert werden. Außerdem führt die Ausschamottierung der Brennkammer im Kachelofen zu einer hohen Brennkammertemperatur und damit zu einem befriedigenden Ausbrennen des Holzgases. Die langen Rauchgaszüge als Reaktionswege im Kachelofen unterstützen diesen Ausbrand. Die großen Wärmetauschflächen entlang der langen Rauchgaszüge sichern ein gutes Ausnützen der heißen Rauchgase.
Die langen Rauchgaszüge brauchen allerdings zunächst viel Wärme, bis sie aufgeheizt sind, und geben, wenn das Feuer schon geraume Zeit aus ist, noch einen Teil der gespeicherten Wärme in den natürlichen Schornsteinzug ab. Dies führt zu entsprechenden Wärmeverlusten.
Wie alle Dinge haben auch die scheinbar für die Ewigkeit gemauerten irdenen Kachelgrundöfen nur eine begrenzte Lebenserwartung. Je häufiger ein Grundofen aus dem kalten Zustand her angeheizt wird, desto kürzer ist seine Lebensdauer. Beim Aufheizen und Auskühlen treten feine Spannungsrisse auf. Diese Haarrisse bilden sich an der schwächsten Stelle, und das sind die Verbindungsfugen der Kacheln. Steht der Ofen gar einige Tage still, dann kann das Ofenmauerwerk Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft aufnehmen, die beim Anheizen wieder ausgetrieben wird. Der Ofen treibt diese Feuchtigkeit - vor allem

66 Der Kachelofen, ein nützliches Schmuckstück im Wohnraum Quelle: Arbeitsgemeinschaft der deutschen Kachelofenwirtschaft e.V., Rathausallee 6, 5205 St. Augustin 1

wenn glasierte Kacheln seine Oberfläche bilden - durch die Kachelfugen. Dies kann die Rißbildung verstärken. Deshalb kann ein gemauerter Kachelofen nach zwei Jahrzehnten so aus den Fugen geraten sein, daß man ihn neu aufmauern muß. Trotz dieser Nachteile gegenüber den langlebigeren eisernen Öfen, schenken viele Menschen dem Kachelgrundofen wegen seines hohen Strahlungswärmeanteils mehr Zuwendung.

Warmluftkachelöfen

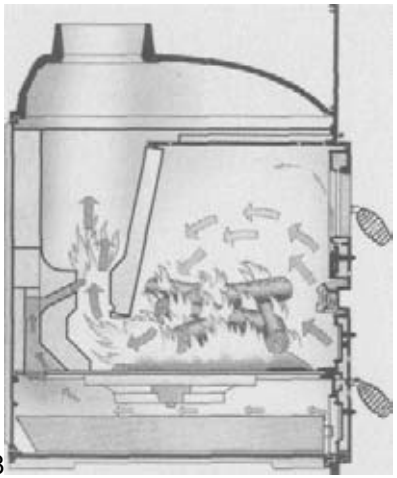
Wer im Frühjahr oder Herbst schnell und nur für einige Abendstunden sein Wohnzimmer heizen will, für den ist der langsame Grundofen zu schwerfällig. Wer trotzdem einen Kachelofen will, für den ist ein Warmluftkachelofen geeignet. Dieser Leichtgewichtler verursacht normalerweise auch keine baustatischen Probleme, während der schwere Grundofen die Tragfähigkeit manchen Bodens überfordern würde.

67 Beim Warmluft-Kachelofen wird um einen modernen Holzofen ein Kachelkleid gemauert. Quelle: Rink-Kachelofen GmbH Am Klangstein 18, 6342 Haiger 2

Um einen modernen Holzofen, den Heizeinsatz, wird ein Kachelkleid gemauert. Der technische Zweckbau des Holzofens wird damit geschmackvoll versteckt. Gerade für diesen Ofen gilt: »Kleider machen Leute«. Am Boden sind Luftkanäle offen geblieben, durch die kühle Raumluft hinter den Kachelmantel strömen kann. Vom Ofen erhitzt steigt sie in breiten Luftkanälen zwischen Ofen und Kachelwand auf und strömt oben durch Warmluftgitter wieder aus dem Kachelmantel heraus.

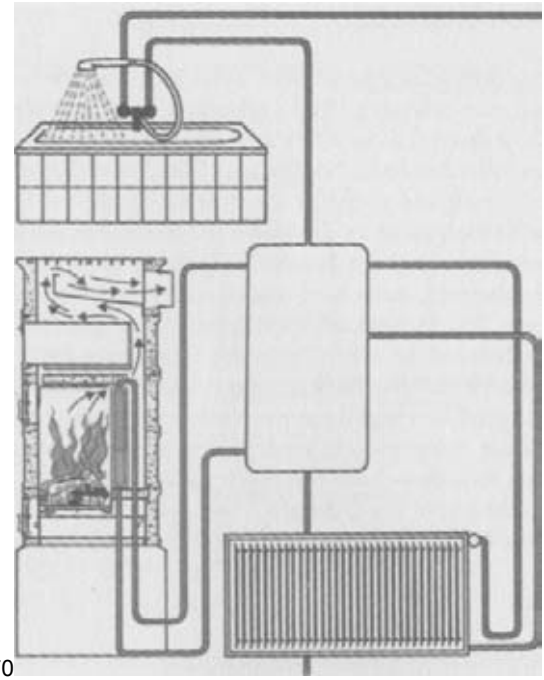
Kachelofen-Spezialitäten

Es gibt Kachelöfen mit Warmwassererwärmungseinsätzen, von denen aus Wärme auch in entlegene Räume transportiert werden kann. Schließlich gibt es Kachelöfen mit Luftkanälen und Ventilatoren, bei denen über den »Wärmeträger Luft« entferntere Räume mit Wärme versorgt werden. Auf dem Markt befinden sich Kachelofenzwerge, die mehr ein gemauerter Zimmerofen sind. Sie können von einem Heimwerker in kurzer Zeit aufgemauert werden. Diese Öfen sind schnell aufheizbar, weil sie wenig Masse haben. Dank der hohen Oberflächentemperatur können sie einen hohen Strahlungswärmeanteil erreichen.

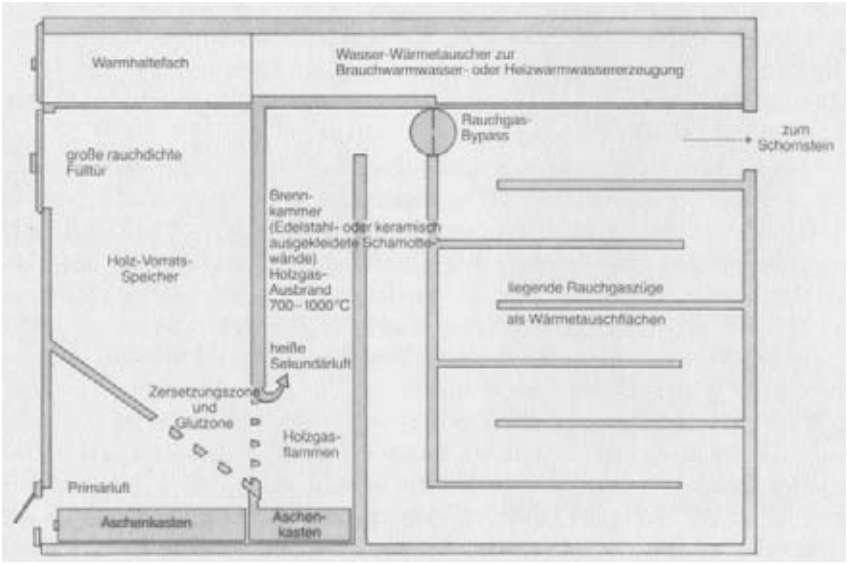


68 Heizeinsatz für einen Warmluft-Kachelofen
Durch gezielt geführte Nachverbren-nungsluft wird eine schadstoffarme Verbrennung erreicht. (Fabrikat Buderus)

69 Warmluft-Kachelofen



70 Kachelofen mit eingebautem Wasser-Wärmetauscher (6 kW) zur Brauchwasserbereitung und Versorgung einiger Heizkörper.



71 Querschnitt durch einen Kachelgrundofen für Holzfeuerung mit unterem Abbrand und Wasserwärmetauscher.

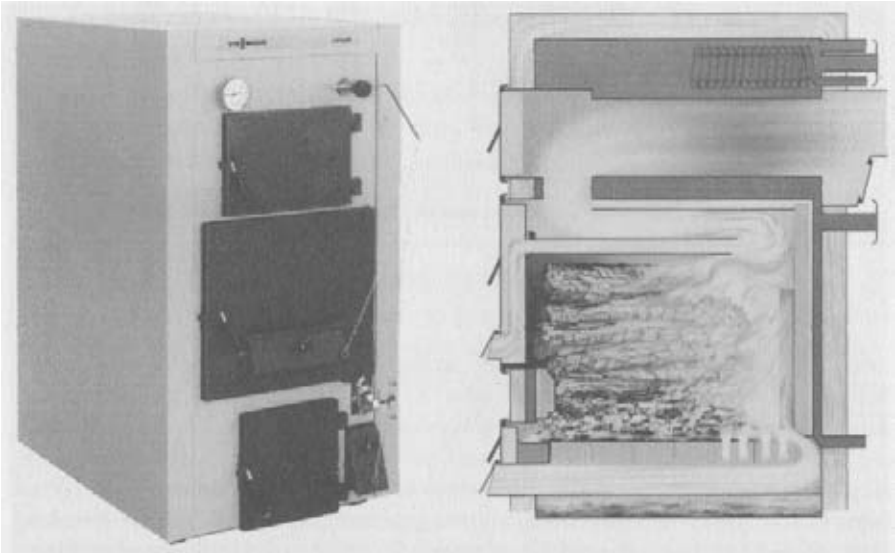
Steinbackrohr

Das Steinbackrohr ist dem alten Holzbackofen nachempfunden. Es wird hier mit der »fallenden Hitze« gebacken. Die Technik verläuft folgendermaßen: Zunächst wird der Ofen mit einem Holzfeuer aus feinem Holzreisig und gut gespaltenem Holz hochgeheizt. Die Steinummauerung der Backröhre erhitzt sich stark und speichert die Wärme. Wenn das Holz ausgebrannt ist, wird die heiße Holzasche an den Rand der Backröhre gekehrt. Die Backfläche wird sauber gemacht (zum Beispiel mit einem feuchten »Pudel« - also einem großen Putzlappen), dann wird das zu backende Gebäck in den Backofen »eingeschossen«. Das Backgut backt in dem sich nur ganz langsam abkühlenden Ofen. Ein Verbrennen ist selten, weil der Ofen nicht heißer, sondern allmählich kühler wird. Wenn das Backgut zum richtigen Zeitpunkt eingeschossen ist, wird es gar gebacken und dann noch warm gehalten, bis es serviert werden soll. Backdünste dringen nicht nach außen, sondern werden durch den Kaminzug mit dem Rest des schwachen Holzrauches abgezogen. Wichtig sind die richtigen »Einschußtemperaturen«. Im allgemeinen wird für Brot 250°C, für Apfelkuchen 200°C und für Pizza 160°C empfohlen.

Holz-Zentralheizungskessel

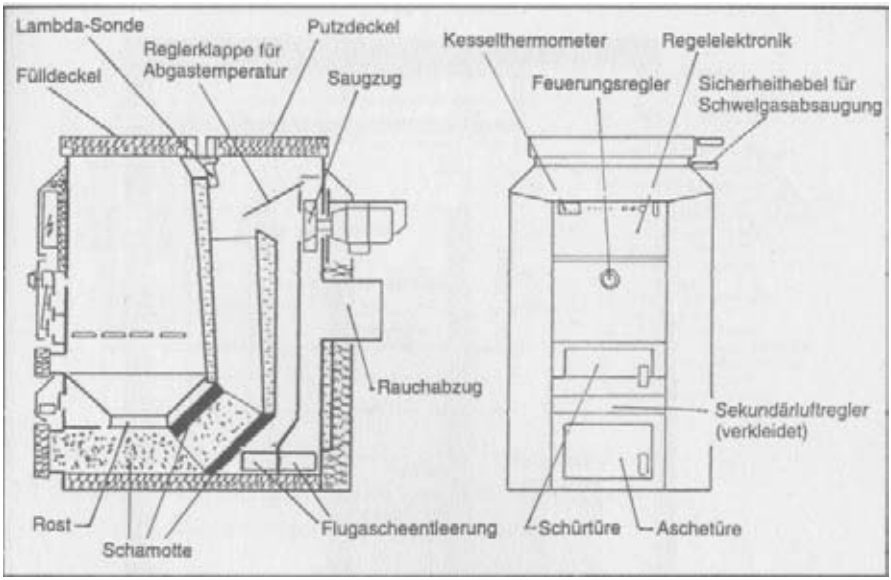
Zentralheizungskessel arbeiten mit Wasser der Wärmeträger. Mit warmem Wasser können relativ große Energiemengen in jeden Raum des Hauses gepumpt und dort über Heizkörper an die Raumluft übertragen werden. Der Vorteil dieser Anlage besteht sowohl darin, daß ein Ofen mehrere Räume beheizen und das Brauchwasser erwärmen kann, als auch darin, daß der schmutzige Heizraum von den Wohnräumen klar getrennt ist.
Ein Holzheizkessel hat wie jeder gute Holzofen die gleichen drei Bauteile: Holzspeicher, Brennkammer und Wärmetauscher. Der Unterschied besteht lediglich in der Ausführung des Wärmetauschers, der die Ofen-Wärmeenergie an Wasser anstatt an Luft überträgt. Dies erfordert eine höhere Technik und meist auch den Einsatz von Strom (für die Wasserumwälzpumpe und die Steueranlage). Deshalb ist diese Heizung keine autarke Wärmemaschine, denn sie fällt bei Stromsperre aus. Außerdem können Wasserheizungen einfrieren, wenn sie während des Winterurlaubs stillstehen.
Die Wandtemperatur des Wärmetauschers wird von der Wassertemperatur bestimmt. Sie steigt nicht über 100°C. Wegen dieser niedrigen Temperatur muß der Wärmetauscher deutlich abgegliedert hinter einer großen Brennkammer liegen, damit die Holzgase schon vollständig ausgebrannt sind, bevor sie sich an den relativ kalten Wärmtauscherwänden abkühlen. Außerdem muß durch

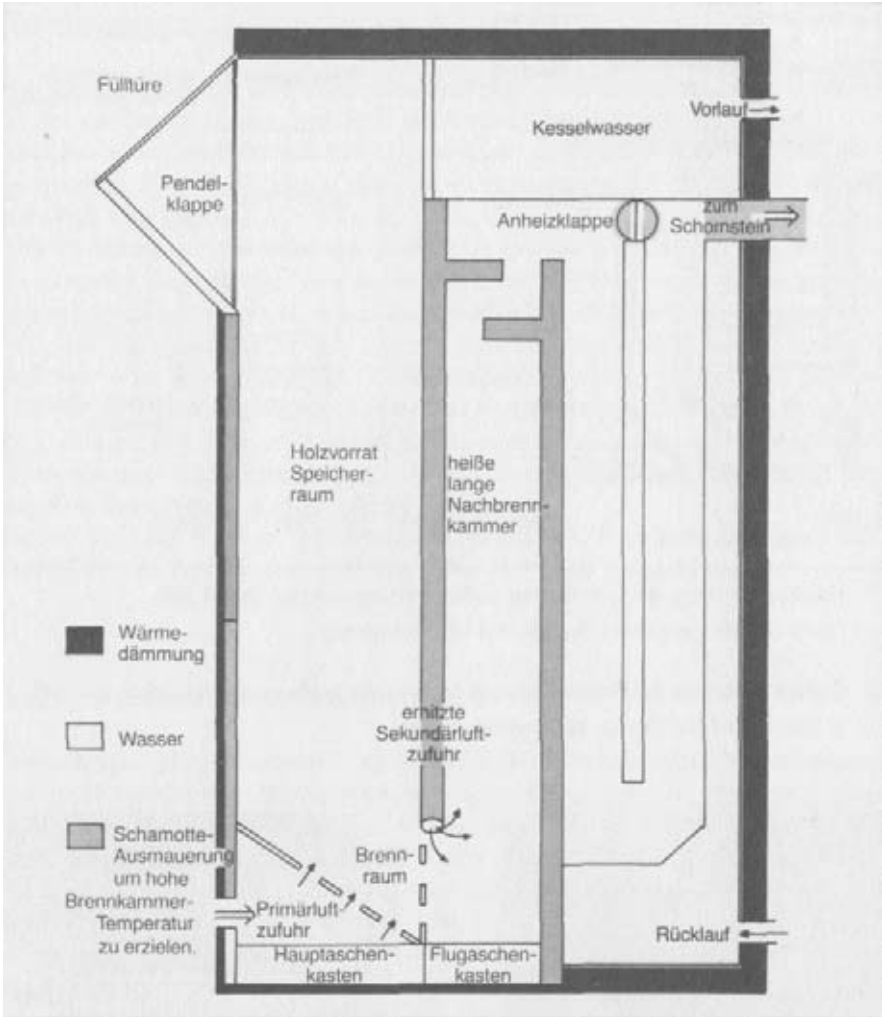
72



Heizkessel mit guter technischer Luftsteuerung (von 22 bis 64 kW) Quelle: Prüller Heizkessel-Technik, A-4463 Großraming

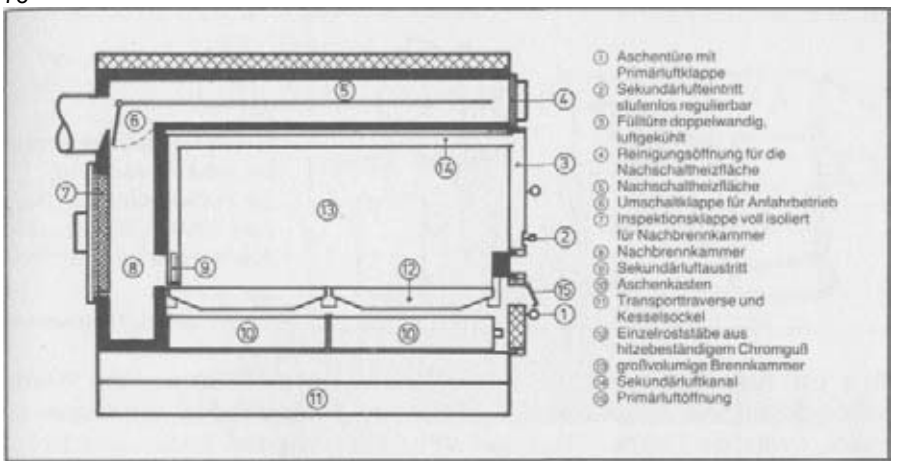
73 Scheitholzkessel für Holzscheite bis 50 cm Länge (Kesselleistung 20 - 30 kW) Quelle: Viessmann Werke, 3559 Allendorf/Eder





Querschnitt durch einen Holzkessel mit unterem Abbrand

einen besonderen Kesselwasserkreis sichergestellt werden, daß nur dann Wärme in den Heizungskreislauf oder in den Brauchwasserteil abgegeben wird, wenn der Kesselwasserkreis mindestens 80°C heiß ist. Dadurch werden die Wärmetauscherflächen relativ warm gehalten, womit die Gefahr von Kondenswasserniederschlag verhindert und die Holzteerausfälle verringert werden. Beim Wasserkreislauf werden offene und geschlossene Anlagen unterschieden. Eine *offene Anlage* besitzt ein Überlaufgefäß über dem höchstgelegenen Heiz-

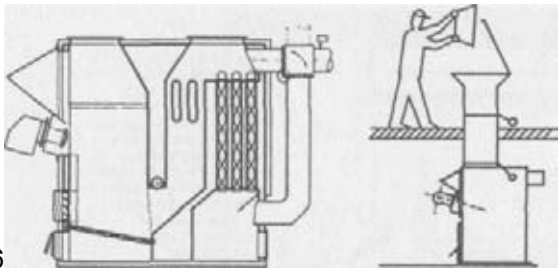


Holzkessel mit liegender Brennkammer für Meterscheite Quelle: Fa. Koch-Heizungstechnik, 8223 Trostberg

körper, das zur Atmosphäre *(Luft)* hin offen ist. Der Wasserdruck in dem System entspricht der Höhe der Wassersäule über dem zu messenden Punkt. Eine *geschlossene Anlage* muß eine thermische Ablaufsicherung aufweisen, die vielfach als Kühlschlange im Kesselwasser ausgeführt wird. Falls die Temperatur über 95°C ansteigt, läuft Kaltwasser aus der Wasserleitung durch diese Kühlschlange, entzieht dem Kesselwasser Wärme und fließt als Heißwasser in den Abfluß. Diese Energieverschleuderungsmaschine sollte jedoch nie ihren Betrieb aufnehmen müssen.

Steht der Holz-Zentralheizkessel im Kellergeschoß, dann darf möglicherweise der Kessel so hoch aufgestellt werden, daß mit dem Schubkarren unter die Aschenkastentür gefahren werden kann. Außerdem kann der Füllschacht bei Unterbrandkesseln bis zum Boden des Erdgeschosses verlängert werden. Dadurch steigt das Füllschachtvolumen, und das bodenebene Einfüllen des Holzes vom Erdgeschoß aus ist bequem.
Holzheizkessel im separaten Heizraum müssen gut gegen Wärmeverluste isoliert sein, denn die im Heizraum vorhandene Wärme ist verloren. Manche empfehlen deshalb, den Holzzentralheizkessel im Wohngeschoß aufzustellen; man kann ihn mit Kacheln umkleidet als »Kachelofen« im Wohnraum sichtbar so einbauen, daß er vom Flur aus mit Holz beschickt werden kann. So wird die Wärmeabstrahlung zur Heizung genutzt.

In *Wechselbrandkesseln* kann abwechselnd mit Holz und zum Beispiel mit Öl geheizt werden. Wer einen für Holz gut geeigneten Ofenteil will, braucht zumindest einen Wechselbrandkessel mit zwei Teilen, nämlich einem Holzspei-



76 Wechselbrand-Heizkessel mit unterem Abbrand; der Füllschacht kann bis zur nächsten Stockwerksebene verlängert werden.

eher- und Brennkammerteil und einer Ölbrennkammer. Während beim Wechselbrandkessel die Rauchgase des Ölbrenners durch die Holzbrennkammer ziehen, trennt der *Doppelbrandkessel* die beiden Ofenarten. Bei ihm sind Holzbrenner und Ölbrenner vollständig getrennt bis zum Schornstein. Beide erwärmen denselben Kesselwasserkreis. Da der Holz- und Ölofenteil an einen eigenen Schornstein angeschlossen wird, können die beiden einander ergänzen, indem der Ölbrenner anspringt, sobald der Holzofen nicht mehr genug Wärme liefert. Weil auch der Kesselwasserkreis des nicht betriebenen Ofens ebenfalls warm gehalten wird, entstehen möglicherweise höhere Wärmeverluste als bei im System getrennten Anlagen mit eigenen abschaltbaren Kesselwasserkreisläufen.
In manchen Bundesländern dürfen Öl- und Holzheizkessel an denselben Schornstein angeschlossen werden, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Beispielsweise muß

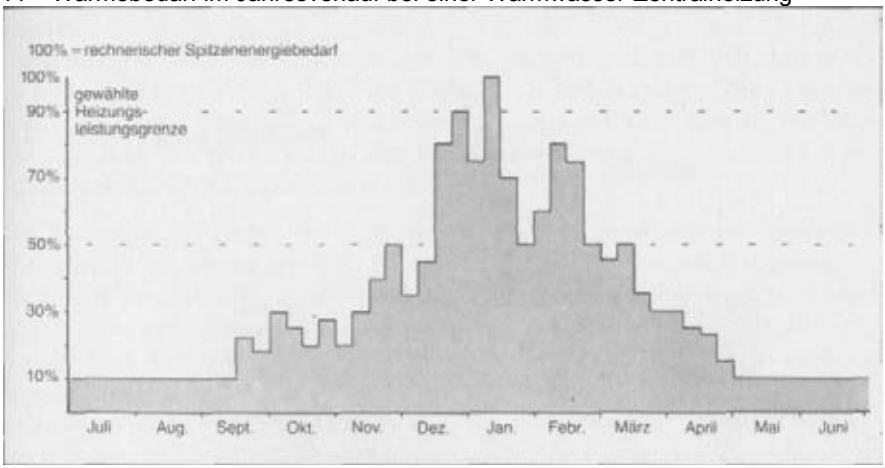
- der Ölbrenner bei offener Holz-Fülltür oder wenn der Holzofen brennt, abgeschaltet sein;
- das Ofenrohr der Ölheizung unter dem der Holzheizung in den Schornstein münden;
- ein Ofenrohrwinkel von mindestens 30° Steigung vorhanden sein;
- der Schornsteinquerschnitt mindestens das l,5fache des Ölbrenners ver-krafen und beide Öfen ein bestimmtes Nennleistungsverhältnis aufweisen.

Informieren Sie sich deshalb gründlich bei ihrem Bezirksschornsteinfeger.

Holz-Speicherheizung

In jedem Holzofen wird die für diesen Ofen beste Verbrennung nur erreicht, wenn der Ofen mit voller Leistung brennen kann. Die Leistung einer Feuerstelle wird am Wärmebedarf der kältesten Tage im Jahr ausgerichtet. Deshalb

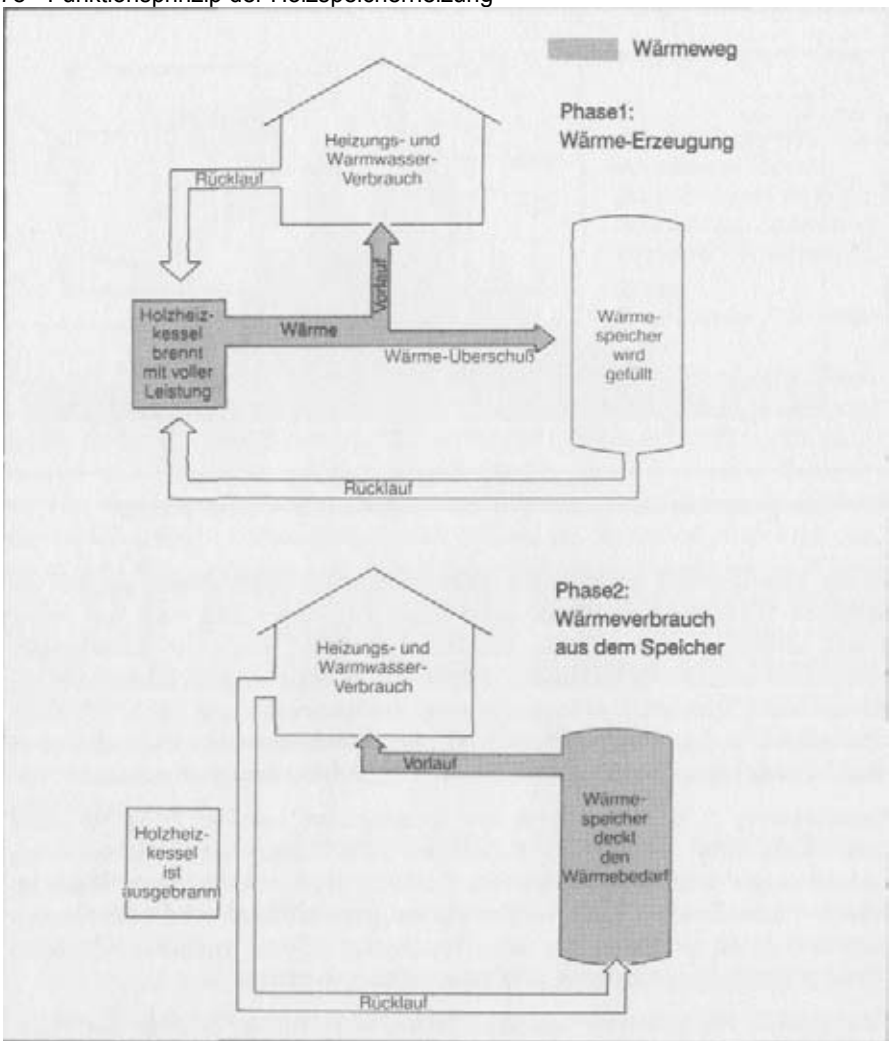
77 Wärmebedarf im Jahresverlauf bei einer Warmwasser-Zentralheizung



ist die Kesselleistung an 95% der Tage im Jahr erheblich größer als der tatsächliche Wärmebedarf. Würde der Holzofen in dieser Zeit auch mit seiner vollen Leistung betrieben, wäre das Haus überheizt, käme das Kesselwasser zum »Überkochen« (Überlaufen), würde die Energie verschleudert oder die Anlage leidet Schaden. Das angenommene Auslastungsbeispiel (Abb. 77) zeigt: Die halbe Leistung der Feuerstelle wird im Jahresdurchschnitt nicht einmal in der Hälfte der Zeit erreicht. Wie kann diesem Problem begegnet werden?

Kesselleistung 10% niedriger als der Spitzenbedarf wählen: Zunächst sollte beim Kauf des Ofens die Kapazität 10% unter dem rechnerischen Spitzenenergiebedarf gewählt werden. Dadurch kann es an wenigen Tagen im Jahr im Haus ein klein wenig kühler werden, aber erfrieren wird deshalb noch niemand. Meist genügt es für diese Spitzentage schon, wenn ein oder zwei wenig genutzte Zimmer etwas schwächer geheizt werden.

Periodischer Vollastbetrieb und Speicherung der Wärme: Solange das Holzfeuer brennt, wird das Feuer auf voller Leistung gehalten. Dadurch wird mehr Wärme erzeugt, als augenblicklich von den wärmeverbrauchenden Heizkörpern und der Warmwasserbereitung abgerufen wird. Die nicht gebrauchte Wärme wird einem Wärmespeicher zugeführt. Wenn dieser Wärmespeicher voll, d.h. auf 90°C aufgeheizt, ist, wird das Holzfeuer abgestellt. Die danach benötigte Wärme wird nun dem Wärmespeicher entnommen. Mit der wärmespeichernden Holz-Speicherheizung kann die sehr nachteilige Schwachlastfeuerung weitgehend vermieden werden. Weil beim schwachen Holzfeuer, dem Schwelbrand, die Holzbestandteile nur unvollständig verbrennen, treten im Ofen und im Schornstein unverbrannter Ruß, Teer- und Pech-

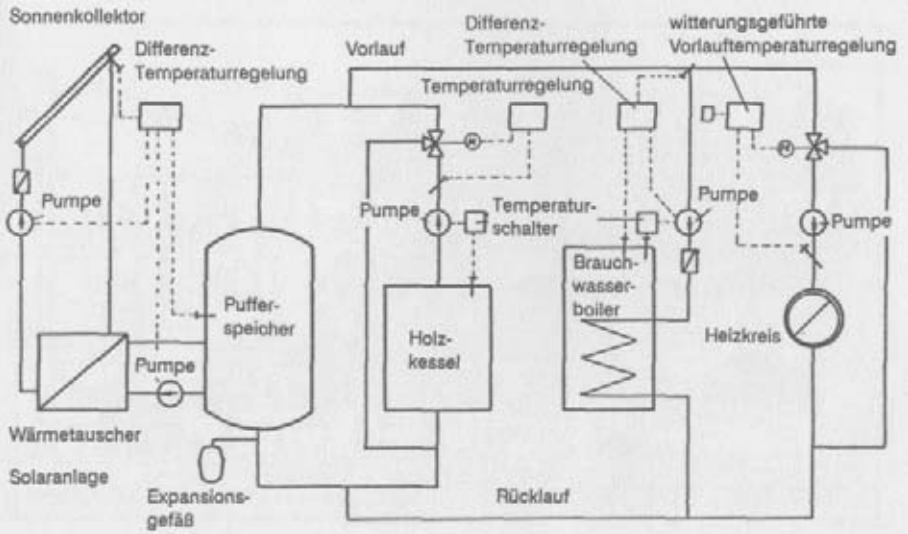


ablagerungen auf. Im Schwelbrandbereich kann sich ein Kondensat entwickeln, das die Ofenteile angreift. Im Ergebnis ist ein größerer Unterhalt der Anlage erforderlich, hat der Ofen eine kürzere Lebenserwartung und wird der energiereiche Brennstoff nur unvollkommen ausgenutzt. Eine den periodischen Vollastbetrieb ermöglichende Holzspeicherheizung führt folglich zu einem besseren Wirkungsgrad, geringerem Unterhaltungsaufwand, längerer Lebensdauer.

Zugleich steigt der Bedienungskomfort, weil man anstelle des Zwanges zur zeitlich regelmäßigen Beschickung den Ofen dann füllen und aufheizen kann, wenn man dafür Zeit hat. Weil das Holzgas bei Vollastbetrieb (fast) vollkommen ausbrennt - jedenfalls in einem guten Holzofen -, kann mit der Speicherheizung auch die Umweltbelastung und die Belästigung der Nachbarn durch Schwelgase und Ruß vermieden werden.

Die Pufferspeicher sind in der Regel stehende Tanks, bei denen das Heißwasser von oben in die Tanks gedrückt wird und bei denen unten das Kaltwasser zurück zum Kessel fließt. Beim Verbrauch der gespeicherten Wärme wird oben das Heißwasser entnommen, während von unten das Kaltwasser einfließt. Durch diese Regelung bleibt die Temperaturschichtung im Speicher erhalten. Der Pufferspeicher soll grundsätzlich nur mit heißem Wasser - also über 80°C -geladen werden, weil bei einem zu kühlen Ladewasser die Temperaturschichtung durcheinandergebracht werden kann. Die Ausdehnungsgefäße müssen bei einer Speicherheizung größer bemessen sein.
Die Speicherkapazität soll 100 bis 180 l Wasser je kW Nennheizleistung betragen, für ein Einfamilienhaus also zwischen 2.000 und 3.600 1. Anders ausgedrückt sollte der Speicher mindestens den Wärmebedarf des Hauses an einem durchschnittlichen Wintertag aufnehmen.
Der Stellplatz für den Pufferspeicher sollte beim Neubau möglichst schon im Planungsstadium berücksichtigt werden; günstig ist die Aufstellung im zu hei-

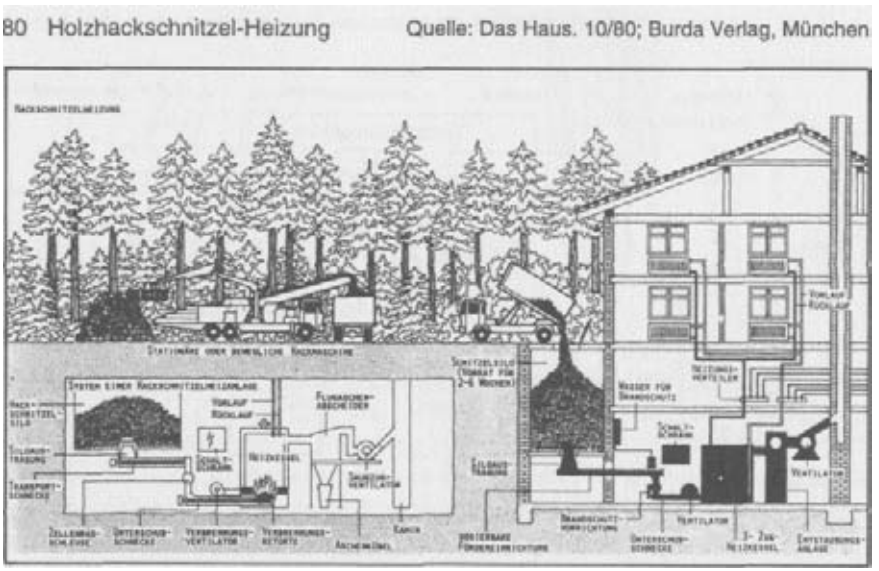
79 Holzheizung mit Pufferspeicher in Kombination mit einer Solaranlage
Quelle: Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH, 5300 Bonn 2



zenden Hausteil, damit die Wärmeverluste des Pufferspeichers nicht völlig nutzlos sind.
Der Wärmespeicher ist zwar teuer, dafür kann aber ein knapp ausgelegter und deshalb billigerer Holzheizkessel gewählt werden. Dies hat den Vorteil, daß der Holzheizkessel viel häufiger mit seiner Nennheizleistung betrieben werden kann und damit einen höheren Wirkungsgrad aufweist. Trotz dieser knappen Auslegung des Kessels muß man auch an extrem kalten Tagen nicht frieren, weil der Spitzenwärmeverbrauch während des Tages teilweise auch aus dem Speicher entnommen werden kann, der nachts durch Überschußwärme wieder aufgefüllt wird.
Günstig ist die Verbindung einer Holzspeicherheizung mit einer Wärmepumpe oder einer Solaranlage, weil der Speicher von den Wärmeerzeugern wechselweise genutzt werden kann.

Automatische Holzheizungen

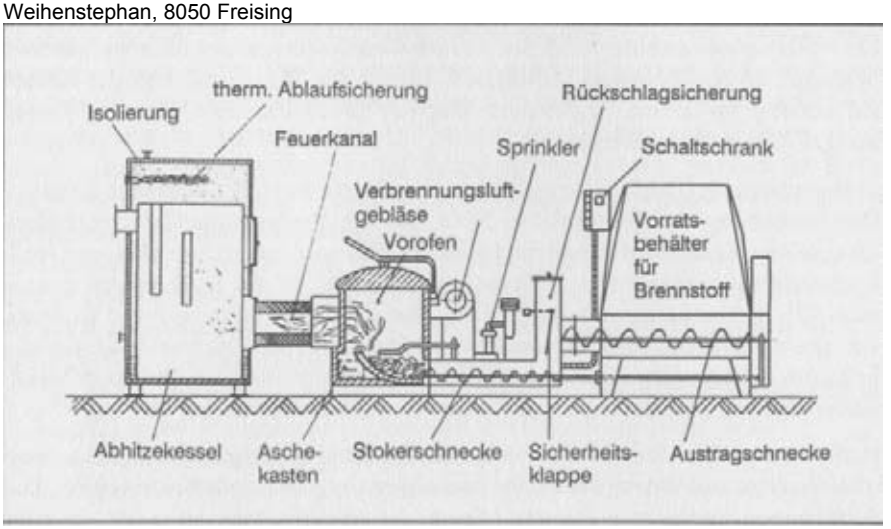
Voraussetzung für eine automatische Holzheizung sind leicht transportierbare Holzstücke. Deshalb arbeiten die meisten Anlagen mit Holzhackschnitzeln. Das häufig verwendete Wort »Stoker« (engl.) bedeutet »Heizer«. Richtigerweise kann es für alle automatischen Holzheizungen verwendet werden. In der Praxis sind mit Stokerheizungen oft Unterschubheizungen gemeint.

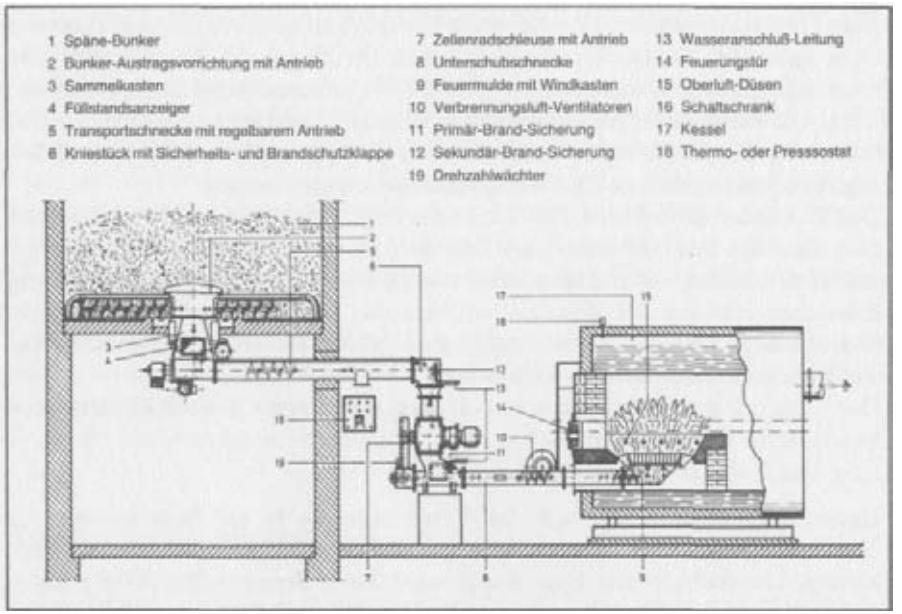


Vom Hackschnitzelsilo aus werden die Holzhackschnitzel vollautomatisch zum Ofen gebracht. Transportelemente sind in der Regel die Pendel- oder Zentrumsschnecke im Speicher, sowie mehrere Förderschnecken vom Speicher zum Ofen. Die letzte der Förderschnecken wird auch Dosierschnecke genannt. Zwischen den Förderschnecken befinden sich Zellradschleusen, die einen Rückbrand aufhalten, oder es sind Sicherheitsklappen angebracht. Die Transportschnecken sollen kurz sein, weil sie dann weniger oft verklemmen. Deshalb sind mehrere kurze Transportschnecken mit dazwischengeschal-teten Fallschächten oder Zellradschleusen besser als zu lange Schnecken. Lange Schnecken erhöhen die Wandreibungsverluste, der Brennstoff verdichtet sich dadurch beim längeren Transport, so daß das Risiko des Verklemmens steigt. Transportschnecken müssen stets waagerecht eingebaut sein. Der Ofen ist meist nach dem Vorofenprinzip gebaut. Je nach Brennstoffbehandlung in der Brennkammer wird unterschieden zwischen Unterschubfeue-rung und Einblasfeuerung.

Unterschubfeuerung. Der mit der Dosierschnecke in die Brennkammer gebrachte Brennstoff wird in eine Brennstoffmulde geschoben. »Retorte«, Brennkalotte, Brennschale oder Feuermulde wird dieser Brennstoffbehälter genannt. Er besteht aus Schamotte, Keramik oder Feuerbeton. Unter dem schalenförmig ausgeformten Boden der Brennkammer befinden sich oft Roststäbe, unter welche Luft gepreßt wird. Die Verbrennung erfolgt in der Schale, die Restverbrennung der Gase erfolgt unter Sekundärluftzugabe in der Brennkammer über der

81 Vorofen-Feuerung mit automatischer Brennstoffzufuhr Quelle: Landtechnik Weihenstephan, 8050 Freising





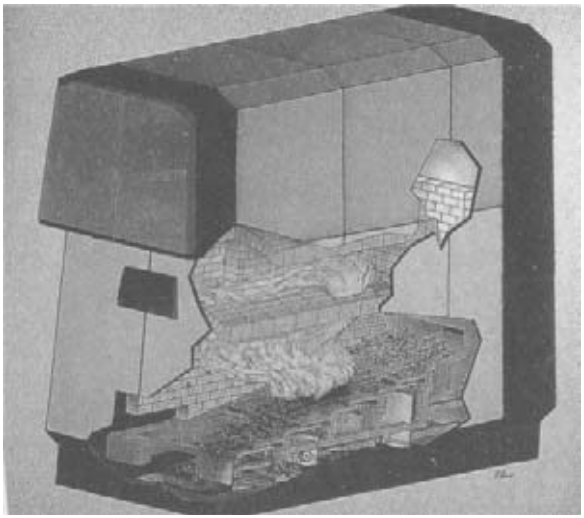
82 Unterschubfeuerung mit hoher Wärmeleistung Quelle: Landtechnik Weihenstephan, 8050 Freising

Schale oder im Holzgasrohr. Die Luft wird durch ein Gebläse direkt mit dem Brenngut in Kontakt gebracht. Teils wird die Luft erhitzt und als heiße Sekundärluft in das Holzgas hineingeblasen.

Eine Weiterentwicklung stellt die *Vorschubrostfeuerung* dar. Ein hydraulisch bewegtes, treppenförmiges Rostsystem rüttelt den Brennstoff von der oberen zur unteren Rostebene. Auf diesem Weg hat das Heizmaterial Zeit zur Trocknung, Erhitzung und Vergasung.

Einblasfeuerung. Die Reaktionsflächen des Feuers werden durch eine intensive Durchmischung des Brennstoffes Holz mit der Verbrennungsluft vergrößert. Eine solche Reaktionsflächenvergrößerung führt zu einer rascheren und vollkommeneren Verbrennung. Voraussetzung dafür ist ein feinkörniger Brennstoff. Die Verbrennung erfolgt im Flug. Auf dem Rost bildet sich ein Glutbett, vor allem durch den Holzkohlenabbrand. Holzstaub und Holzmehl dürfen nur in Einblasfeuerungen verbrannt werden. Dadurch ist ein geringes Rückbrandrisiko gegeben und die Gefahr der unkontrollierten Verpuffung verringert.

Halbautomatische Schnitzelfeuerung. Für Einfamilienhäuser gibt es kleine Vorofen-Systeme mit einem über dem Brennraum angebrachten Schnitzelsilo. Das Silovolumen reicht aus für die Menge, welche bei Vollast in 24 Stunden



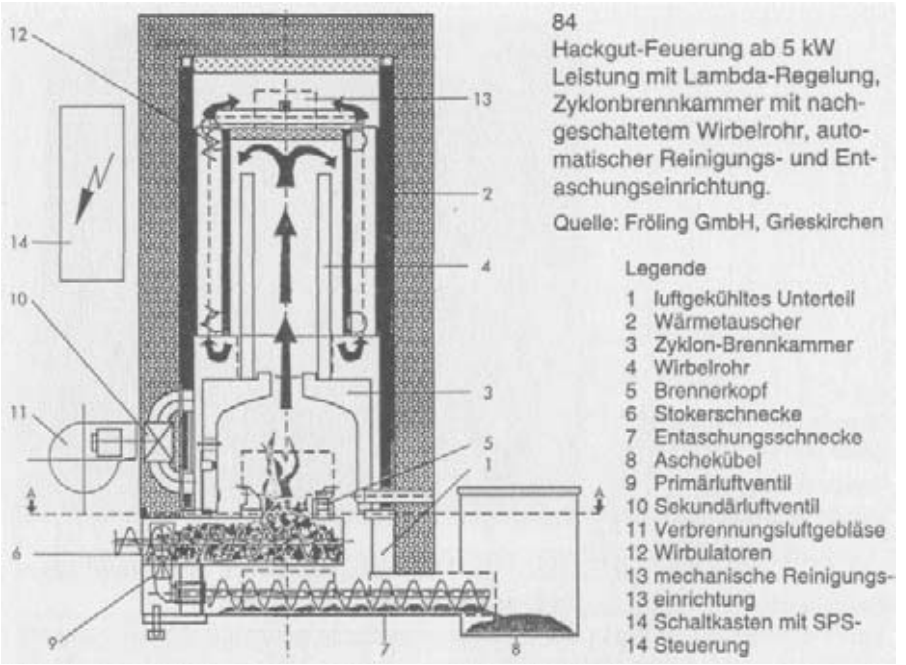
83
Vorschubrost-Feuerung (über 300 kW)
Quelle: Polytechnik, A-2564 Weissenbach

verbrennt. Vom Silo aus rutschen die Hackschnitzel, durch eine Steuerklappe bedarfsgerecht geregelt, in den Brennraum (Abb. 47 und 48). Eine Besonderheit ist die in der Schweiz entwickelte *automatische Feuerung für Holzstücke.* Aus einem Holzstückbehälter wird das Holz in einen Ladeschacht transportiert. Ein hydraulisch betriebener Preßkolben zerquetscht das Holz und drückt es dabei durch das Beschickungsrohr zum (Kreuzstrom-) Tunnelbrenner.
Die Brennstoffdosierung erfolgt entweder über eine Variation der Fördergeschwindigkeit (langsamer, schneller) oder durch stoßweisen - also unterbrochenen - Betrieb. Von Zeit zu Zeit muß Brennstoff angeliefert werden, weil sonst die Glut erlischt. Deshalb sorgt eine Zeitschaltuhr dafür, daß die Anlage Brennstoff nachliefert, auch wenn längere Zeit keine Heizwärme gebraucht wird, damit stets Glut vorhanden ist. Solange das Glutbett zündfähig ist, kann durch einfache Brennstoffzufuhr der Brand wieder entfacht werden. Im anderen Falle muß mit einer Öl- oder Gaszündflamme neu begonnen werden. Die Reihenfolge des Einschaltens ist:

1. Das Rauch-Saugzuggebläse beginnt zu arbeiten,
2. der Stützbrenner (Öl, Gas) sorgt für das notwendige Flammbett,
3. die Brennstoffzufuhr und die Verbrennungsluftventilatoren schalten ein.

Wenn kein Wärmebedarf vorhanden ist, wird

1. die Brennstoffzufuhr gestoppt, indem zunächst der Bunkeraustrag stoppt, wodurch die Transportschnecken und das Dosierrohr leerlaufen.
2. Das Verbrennungsluftgebläse hält an.
3. Als letztes schaltet das Rauchgas-Saugzuggebläse ab, alle Rauchgase sind somit ausgebrannt und haben die Brennkammer verlassen.



84
Hackgut-Feuerung ab 5 kW Leistung mit Lambda-Regelung, Zyklonbrennkammer mit nachgeschaltetem Wirbelrohr, automatischer Reinigungs- und Entaschungseinrichtung.

Quelle: Fröling GmbH, Grieskirchen

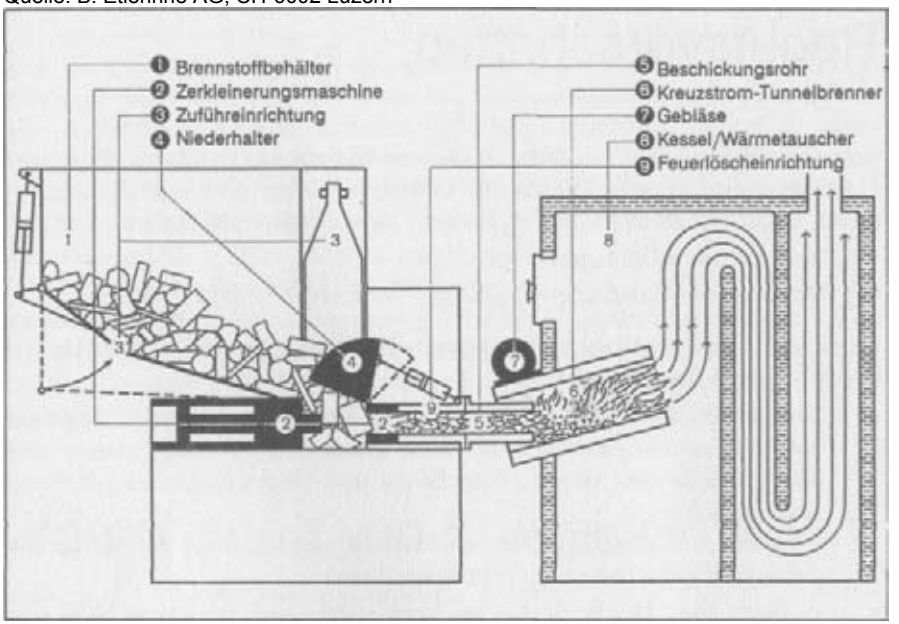
Legende
1 luftgekühltes Unterteil
2 Wärmetauscher
3 Zyklon-Brennkammer
4 Wirbelrohr
5 Brennerkopf
6 Stokerschnecke
7 Entaschungsschnecke
8 Aschekübel
9 Primärluftventil
10 Sekundärluftventil
11 Verbrennungsluftgebläse
12 Wirbulatoren
13 mechanische Reinigungs-
13 einrichtung
14 Schaltkasten mit SPS-
14 Steuerung

Ein Rauchgas-Saugzuggebläse ist oft erforderlich, weil die Strömungswiderstände am Wärmetauscher hoch sind. Aufgrund des Rauchgas-Saugzuggebläses treten so hohe Verbrennungsgeschwindigkeiten auf, daß Asche mitgerissen wird, weshalb Feststoffreinigungsanlagen notwendig werden (Entstaubungsanlagen). Vor allem für Einblasfeuerungen ist dies notwendig. Die Zyklonabscheider haben sich in der Rauchgasreinigung bewährt.

Sicherheitseinrichtungen. Ein Rückbrand wird folgendermaßen aufgehalten: Im Dosierrohr wird laufend die Temperatur gemessen. Steigt die Temperatur zu hoch an, wird die Anlage geflutet. Deshalb ist stets auch eine Sprinkleranlage notwendig. Weitere Sicherheitselemente sind: Die Zellradschleuse, die eine offene Verbindung vom Speicher zur Brennkammer verhindert. Die Sicherheitsklappe, gelegentlich auch Rückschlagsklappe genannt, die sich am Ende einer Schneckenröhre befindet und sich bei Überhitzung schließt.

Die einfache Regelbarkeit und ein hoher Wirkungsgrad sind die Vorteile der automatischen Holzheizanlagen. Von Nachteil ist, daß sie auf Fremdenergie angewiesen sind. Wenn der Strom als Fremdenergiequelle ausfällt, bleibt es in der Wohnung kalt, wie bei einer Öl-Zentralheizung. Eine Wärmeautarkie besteht mit diesen Heizungen nicht.

85 Vollautomatische Stückholz-Heizung
Quelle: B. Etiennne AG, CH-6002 Luzern



Holzvergaser mit Kraft-Wärme-Kopplung

Bis zum Ende des 2. Weltkrieges wurde mit der Holzvergasung als Kraftquelle für Straßenfahrzeuge gearbeitet. In den letzten Jahren sind die Kenntnisse um die Holzvergasung wieder aufgegriffen und die Techniken verbessert worden. Das Ziel, einen Strom erzeugenden Holzvergaser zu entwickeln, dessen Prozeßwärme zur Heizung verwendet wird, ist im Grundsatz erreicht. Die niedrigen Kosten für fossile Energieträger sowie die aufwendige Technik und Brennstoffzufuhr haben bisher einen breiteren Markterfolg solcher Anlagen vereitelt. Wirtschaftlich interessant ist dieses Verfahren für Firmen, denen regelmäßig entsprechende Mengen an Abfallholz zur Verfügung stehen. In Bezug auf die Emissionen erzielen die Holzgasgeneratoren sehr günstige Werte. Bei größeren Anlagen (ab 1.000 kW) erfolgt die Kraft-Wärme-Kopplung heute noch bevorzugt über die Erzeugung hocherhitzten Dampfes. Über 1,5 - 2t Holzabfälle werden dazu je Stunde verfeuert.

Rechtsvorschriften

Vor dem Holzofenkauf sollten Sie sich unbedingt informieren, ob Sie den Holzofen aufstellen, anschließen und betreiben dürfen. Eine erste Auskunft in diesen Fragen erhalten Sie bei den für Ihr Gebiet zuständigen Stellen:

- Bezirksschornsteinfeger
- Baubehörde (Gemeindeverwaltung, Landkreisbehörde).

Aus den zahlreichen Vorschriften können Sie unter anderem entnehmen, daß bisher folgende Regelung gilt:

- Anlagen bis 15 kW Nennwärmeleistung dürfen lediglich mit trockenem, naturbelassenem Holz (einschließlich anhaftender Rinde) befeuert werden. Zulässig sind neben Holzscheiten und Hackschnitzeln auch Reisig und Zapfen.
(Nur in automatisch beschickten Feuerungsanlagen muß der verwendete Brennstoff nicht unbedingt lufttrocken sein.)
- Anlagen über 15 kW dürfen bei Verwendung von stückigem Holz oder von Holzabfällen (jeweils ohne Zusätze) maximal 150 mg/m^3 an Feststoffen auswerfen. Auch der Kohlenmonoxid-Ausstoß ist nur begrenzt zulässig. In diesen Öfen dürfen Preßlinge aus Holzabfällen verbrannt werden, wenn diese keine Zusätze (außer z.B. Paraffin) enthalten. Ausgenommen von dieser strengen Rauchgas-Norm sind die Kachel-Grundöfen und Kochheizherde.
(Beschichtetes, gestrichenes Holz, Spanplatten, Faserplatten, etc. dürfen nur in Fachbetrieben unter speziellen Auflagen verbrannt werden, wenn die Zusätze unbedenklich sind!)
- Anlagen über 1000 kW unterliegen der Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen.
- Heizkessel (Wasser) sind schon ab 50 kW genehmigungspflichtig, in manchen Ländern schon ab *25* kW.
- Offene Kamine dürfen nur gelegentlich betrieben werden. Sie dürfen also nicht als Dauerheizung verwendet werden. Im offenen Kamin darf nur naturbelassenes, stückiges Holz verfeuert werden.

Die unvollständige Vorschriftenübersicht zeigt, mit welcher Gründlichkeit in Deutschland die Heizungsfragen geregelt sind: - Landesbauordnungen - Verordnung über Feuerungsanlagen und Heizräume (FeuVO) - Länder-Verwaltungsvorschriften über Feuerungsanlagen (VwVFeuA) - Bundesimmissionsschutzgesetz und Allg. Verwaltungsvorschrift - Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz) - Verordnung zur Ablösung von VO nach

§ 24 der Gewerbeordnung - Verordnung über Dampfkesselanlagen - Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen - Sicherheitstechnische Richtlinien für Holzspäne- und Holzstaubfeuerungen an Dampfkesseln - Sicherheitstechnische Richtlinie für Abgasvorwärmer - DIN 4702 Heizkessel - DIN 4705 Schornsteinabmessungen - DIN 4750 Niederdruckdampferzeuger, Sicherheitstechnik - DIN 4751 Heizungsanlagen, sicherheitstechnische Ausrüstung - DIN 4794 Warmlufterzeuger - DIN 18160 Feuerungsanlage, Hausschornsteine - DIN 18880 Dauerbrandherde, Stahlblech u. Grauguß -DIN 18881 Zusatzherde - DIN 18882 Heizungsherde - DIN 18890 Dauerbrandöfen - DIN 18891 Kaminöfen - DIN 18892 Dauerbrandeinsätze - DIN 57116 Elektrische Ausrüstung von Feuerungsanlagen - TRD 414 Holzfeuerung an Dampfkesseln- TRD 702 Technische Richtlinie Dampf - Richtlinie für den Bau von offenen Kaminen - RAL 610 Gütesicherung Stahlheizkessel.

Umrechnung von Energieeinheiten

1cal	= 4,1868 J = 4,1868 Ws
1000 kcal	= 1,163 kWh
l kWh	= 860 kcal = 3,6 x 10^6 J = 3.600 kJ = 3,415 Btu
l J	= l Ws = 2,7777 x l O'^{7} kWh
l tSKE	= 29,3 x l0^9 J = 8,14 x 10^3 kWh = 7 x 10^6 kcal
l MW	=10^6W=1000kW
l MW x anno	= 8,76 x 10^6 kWh
l TW	=10^{12}W
l Btu	= 251,9958 cal = 1054,4 J = 0,0002929 kWh
cal	= Kalorie, kcal = Kilokalorie
J	= Joule
W	= Watt, Ws = Watt x Sekunden, kW = Kilowatt
kWh	= Kilowatt x Stunden
MW	= Megawatt, MW x anno = Megawatt x Jahre
TW	= Terawatt
SKE	= Steinkohleneinheit
Btu	= British thermal unit

Quellenhinweis

Die Abbildungen 5, 26, 36, 38, 43, 69 und 71 sowie die Tabellen l, 4, 5 und 6 stammen von der Fa. Fireholz, 7407 Rottenburg (neue PLZ: D-72108).

Literaturnachweis

Bundesamt für Konjukturfragen, CH 3003 Bern:
Holz-Zentralheizungen. Heft Nr. 724623 d
Betrieb von automatischen Holzfeuerungsanlagen. Heft Nr. 724953
Energieholz-Versorgung und
Brennschnitzel-Produktion und -Vertrieb. Heft Nr. 724.952 d
Wärme aus Holz. Bern 1987 Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH: *Holzheiztechnik.*
1982 Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH: *Moderne*
Holzfeuerungsanlagen, unter Mitarbeit von R. Marutzky, U. Bossel, b: Gunold und W. Schneider. 1993 Ebert, H.-P.: *Mit Holz richtig heizen in Ofen, Herd und Kamin.* Otto Maier Verlag, 7980
Ravensburg, 1981
Ebert, H.-P.: *Holzfeuerung für alle Ofenarten.* Verlagsges. R. Müller Köln-Br., 1984 Nußbaumer, Th. (Ed.): *Neue Konzepte zur schadstoffarmen Holzenergie-Nutzung.*
Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1992 Nußbaumer, Th.: *Aktuelle Anforderungen an emissionsarme Holzenergie-Anlagen.*
1992. Holz-Zentralblatt 118 (146): S. 2401-2404 Strehler, A.: *Wärme aus Stroh und Holz.* DLG-Merkblatt Nr. 146, 6000 Frankfurt